DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang | 22. Oktober 1926 | Heft 43

Felix Marchand

zum achtzigsten Geburtstag.

Von E. KORSCHELT, Marburg.

Wohl machten Medizin und Naturwissenschaften in den vergangenen 50 Jahren die großartigste Entwicklung durch; eine glänzende Entdeckung reihte sich an die andere und man sollte meinen, daß ob des stolzen Baues, den die Wissenschaft errichtete, allgemeine Befriedigung herrschte. Jedoch trifft dies nur im beschränkten Umfang zu, indem sowohl bei den Vertretern der Natur- wie auch der Geisteswissenschaften in andauernd sich verstärkendem Maße die Klage über viel zu weitgehendes Spezialistentum wiederkehrt, welches den Blick auf das große Ganze vermissen läßt, die Bedeutung der allgemeinen Fragen verdunkelt und die Einheit der Wissenschaft zerstört.

Bei der enormen Ausbreitung, welche die einzelnen Zweige der Medizin und Naturwissenschaften erlangten, ist es gewiß nicht leicht, den Überblick über das Ganze zu gewinnen und zu bewahren. Zu den bedeutenden Männern, deren gesamte Wirksamkeit durch dieses Bestreben ausgezeichnet ist und insofern geradezu vorbildlich erscheint, gehört auch FELIX MARCHAND (geb. 22. Oktober 1846).

Im Hauptberuf pathologischer Anatom behielt MARCHAND bei seinen zahlreichen, diesem Fach angehörenden Untersuchungen stets die allgemeinen Fragen im Auge und ließ sich von ihnen bei der Bearbeitung der Spezialprobleme leiten, diese dadurch für jene nutzbar machend. Doch war MARCHANDS Forschertätigkeit bei weitem nicht nur seinem Hauptfach zugewandt, vielmehr begab er sich schon frühzeitig auf andere Gebiete, zumal auf das der Biologie und blieb diesem Bestreben auch fernerhin durch sein langes arbeitsreiches Leben treu. Gerade diese Seite seiner Wirksamkeit in den Vordergrund zu stellen, liegt für mich sehr nahe, wenn ich dem mir gewordenen Auftrag nachkomme, ihrer zur Feier seines 80. Geburtstages an dieser Stelle zu gedenken.

MARCHANDS Neigung zu naturwissenschaftlichen, besonders biologischen Studien geht auf seine frühe Jugend zurück und wir hören von ihm selbst, wie durch sie schon in den mittleren Klassen des Gymnasiums die dort für ungleich wichtiger gehaltenen humanistischen Bestrebungen mehr in den Hintergrund gedrängt wurden. Dabei tritt bereits eine Seite seines Wesens deutlich hervor, die für die weitere Entwicklung ungemein kennzeichnend ist, nämlich die, sein eigener Lehrer zu sein. Rührend mutet es an, wie er als junger Gymnasialschüler nur von SWAMMERDAMS alter Bibel der Natur geleitet, die Entwicklung des Froscheies verfolgt und vergleichend anatomische Studien treibt. Mit den höheren Zielen wachsend wandte er sich dann in derselben autodidaktischen Weise, unterdessen zum Medizinstudierenden vorgeschritten, der Lösung einer schwierigen physiologischen Preisaufgabe zu, ganz auf eigene Hand ohne alle Hilfsmittel eines Instituts, wobei ihm der Erfolg freilich versagt blieb, aber für die eigene Belehrung in zoologisch-anatomisch-physiologischer Hinsicht viel gewonnen wurde.

Ähnliches kam noch später vor und im ganzen wurde auch dann nach demselben Rezept verfahren, als der strebsame junge Mediziner (infolge seines Studiums auf der Berliner Militärakademie) Ende der 60er Jahre zum Unterarzt befördert wurde. Die Promotion zum Doktor der Medizin erfolgte Mitte Juli 1870, kurz vor dem Krieg, aus dem er mit dem Eisernen Kreuz ausgezeichnet zurückkehrte. In den darauffolgenden Jahren der militärärztlichen Tätigkeit (bis 1876) suchte er diese durch wiederum auf eigene Hand unternommene botanische, zoologische, anatomische und pathologisch-anatomische Studien zu beleben. Schimmelpilze wurden auf festen Nährboden kultiviert und die Sporen in ihrer Entwicklung verfolgt. Für den Beobachter waren die an den schmarotzenden pflanzlichen und tierischen Objekten gemachten Entdeckungen jedenfalls neu, konnten es aber auch sonst sein, ohne daß sich der durch das Studium selbst befriedigte junge Forscher wegen des vollständigen Literaturmangels darüber im klaren war. So vermochte er, mit den bei der Sektion einer Leiche gefundenen späteren Stadien einer abgelaufenen Trichinose, die (zu diesem Zweck im Schlafzimmer gehaltenen) Kaninchen zu infizieren. Zoologische Studien an anderen tierischen Parasiten gingen nebenher, wie MARCHAND schon damals (1875) bei einem Fall von Abdominaltyphus ein Flagellat (wahrscheinlich *Trichomona intestinalis*) auffand und beschrieb, dessen morphologische und biologische Kenntnis er in einer viel späteren Untersuchung (1895) weiter vertiefen konnte.

Stets waren es mehr die Beziehungen zum Leben, die MARCHANDS Interesse in Anspruch nahmen und zum weiteren Verfolgen der aufgegriffenen Objekte veranlaßten; so ist es begreiflich, daß ihn die von *Anton Schneider*, dem bekannten (damals in Berlin, später in Gießen und Breslau wirkenden) Zoologen und Nematodenkenner, vorgeschlagene Untersuchung der „Muskulatur einiger Nematoden als Grundlage ihrer systematischen Stellung" nicht besonders reizen

konnte. War es doch der junge Autodidakt bereits gewöhnt, sich seine Arbeitsthemen selbst zu stellen und nach neuen zu greifen, wenn die vorherigen nicht zum Ziele führten. An Schnitten von getrocknetem und wieder aufgeweichtem Wurmmaterial die Bauverhältnisse innerer Organe zu studieren, wie es die Methode vorschrieb, erschien dem angehenden Biologen ebensowenig verlockend wie aussichtsreich und er wandte sich lieber Aufgaben zu, die ihm mehr zu versprechen schienen.

Solche bot in Ermangelung anderer Gelegenheit und Anregung zu wissenschaftlichen Arbeiten die Privatpraxis dar, die sich nebenbei aus der militärärztlichen Stellung ergab. Außer den schon erwähnten botanisch-zoologischen Untersuchungen wurden solche an den inneren Organen von Leichen Neugeborener ausgeführt, was zu wertvollen Funden führte, deren sichere Erkenntnis und Veröffentlichung allerdings erst später möglich war. Immer wieder, wie auch bei einigen rein medizinischen, auf verschiedene seltenere Krankheiten bezüglichen Beobachtungen, war es die Isoliertheit des ebenso intelligenten wie strebsamen jungen Forschers sowie der mangelnde Einblick in die Literatur, welche die richtige Wertung und Ausnützung seiner Funde benachteiligte.

Dieser Zustand besserte sich, als MARCHAND (1876) unter Aufgabe des Militärdienstes als Assistent an das Pathologische Institut nach Halle ging. Ein Institut im heutigen Sinn darf man sich freilich unter dieser Anstalt nicht vorstellen, sondern es bestand nur aus wenigen, recht dürftigen Räumen. Auch lagen die Verhältnisse so, daß MARCHAND sich seine Arbeitsthemen wie früher selbst zu suchen hatte, aber innerhalb und außerhalb des Instituts ergab sich im Bereich der medizinischen Fakultät der vorher fehlende Verkehr mit älteren und jüngeren Fachgenossen, sowie die daraus entspringende Anregung nach verschiedenen Seiten, die ihm bisher so gut wie ganz gefehlt hatte. Hier in Halle wie in Breslau, wohin er (1879 als Assistent von PONFICK übersiedelte, kam es zu den wertvollen Arbeiten, die MARCHANDS Ruf als pathologischer Anatom begründeten und ihm schon nach wenigen Jahren (1881) die Berufung an die Universität Gießen verschafften. Nur 2 Jahre war er Privatdozent, denn kurz vor der Übersiedlung nach Breslau hatte er sich in Halle habilitiert; die Selbständigkeit des Denkens und Forschens hatte sich bewährt und ihm eine Stellung in der Wissenschaft gesichert.

In Gießen blieb MARCHAND ebenfalls nicht lange; schon bald folgte er einem Ruf nach Marburg. Hier brachte er die besten und fruchtbarsten Jahre seines Lebens zu (1883—1900). Zwar fand er ebensowenig wie in Gießen brauchbare Arbeitsräume vor, aber es bestand doch Aussicht auf solche und im Jahre 1889 konnte der stattliche Neubau des nach seinen Entwürfen eingerichteten Instituts bezogen werden, in dem sich alsbald eine rege Forscher- und Lehrtätigkeit entwickelte. Die wissenschaftliche Anregung, deren Fehlen der vereinsamte junge Arzt oft genug schmerzlich empfunden hatte, konnte er jetzt um so reicher und uneigennütziger an eine dauernd anwachsende, stattliche Zahl tüchtiger und interessierter Schüler abgeben. Zwar waren es an der mit Studierenden nicht besonders reich gesegneten kleinen Universität anfangs nur recht wenige Zuhörer und Kursteilnehmer, aber es dauerte nicht lange, bis die Zahl sich erheblich vergrößerte und vor allen Dingen an Gewicht dadurch gewann, daß einheimische und auswärtige ältere Mediziner an den Vorlesungen, Übungen und Sektionskursen des erfahrenen Lehrers sich beteiligten, wie auch die näheren Kollegen sich mit Vorliebe seines bewährten Rates bedienten. Unter der Mitarbeit jüngerer und älterer Fachgenossen entstand in der Marburger Zeit eine große Zahl von Arbeiten, durch welche das von MARCHAND in der Hauptsache vertretene Wissensgebiet nicht wenig gefördert wurde.

Zu MARCHANDS Arbeiten von bleibender Bedeutung gehören die bereits in Halle und Breslau begonnenen Untersuchungen über die Vergiftungen durch chlorsaures Kali und die damit im Zusammenhang stehenden Studien über das Methämoglobin; sie wurden in Marburg aus einem äußeren Anlaß von neuem aufgenommen und durch zahlreiche Tierversuche weiter vertieft. Viele Jahre später konnte MARCHAND durch die Sektionsbefunde der an akuter Chloratvergiftung zugrunde gegangener Personen die früheren Befunde bestätigen.

Ganz anderer Natur waren die auf rein pathologisch-anatomischen Gebiet liegenden Untersuchungen über die Feststellung der Krankheitserscheinungen und Erkrankungsursachen einer Reihe innerer Organe, so der Leber, Bauchspeicheldrüse, der Nieren und Nebennieren sowie der Lungen und Luftwege. Schon früher hatte sich MARCHAND wiederholt erfolgreich mit der Pathologie der Lungen, Pneumonie und Tuberkulose, beschäftigt. Ein Gebiet, das ihm besonders am Herzen lag, war die pathologische Anatomie des Zentralnervensystems. Die von ihm und seinen Schülern geleisteten Arbeiten erstreckten sich sowohl auf das Gehirn wie auf das Rückenmark, wobei die Art des Zellenverlustes und Zellenersatzes, Degeneration und Regeneration der Nervenfasern eine wichtige Rolle spielten.

Schon von den Anfängen seiner wissenschaftlichen Betätigung waren MARCHANDS Studien mit Vorliebe dem Gehirn zugewandt und zwar nicht nur vom Standpunkt des pathologischen Anatomen, sondern besonders auch in rein entwicklungsgeschichtlicher, wie in vergleichend entwicklungsgeschichtlich-anatomischer Beziehung. Sehr bekannt geworden sind vor allem die schönen Untersuchungen über die Entwicklung des Balkens und über den Balkenmangel. Die Ergebnisse werden vergleichend-anatomisch ausgewertet und die verschiedenen Entwicklungsstadien mit den ana-

tomischen Bauverhältnissen niederer Säugetiere verglichen. Dies geschieht mit dem auf das Allgemeine gerichteten Blick des Naturforschers und das gleiche gilt für die ebenfalls sehr bekannten Studien über das Mikrocephalengehirn. Waren doch die Mikrocephalen auf Grund ihrer Schädelbildung als Beweis für die Affenabstammung des Menschen verwendet worden. Dafür gibt die Untersuchung des Gehirns jedoch gar keinen Anhalt, sondern es handelt sich einfach um Gehirne von rein menschlichem Charakter, die nur in der Entwicklung zurückgeblieben sind. Natürlich lag es nahe, diese Menschengehirne mit denen von Menschenaffen in Vergleich zu setzen und auch das wurde, wenn auch nur für einen Teil des Gehirns (Stirnlappen und Insel), durchgeführt. Wohl bietet das Mikrocephalengehirn infolge der Vereinfachung der Windungen eine gewisse „Tierähnlichkeit" dar, die aber nicht als Rückschlag aufzufassen ist, sondern als eine bloße Entwicklungshemmung angesehen werden muß. Phylogenetisch niederstehende Stufen werden auch in der Entwicklung des normalen menschlichen Gehirns durchlaufen und eine solche hat in Verbindung mit anderen Entwicklungshemmungen in diesem Fall eine Fixierung erfahren.

In die Marburger Zeit fallen auch MARCHANDS Untersuchungen über das Gehirngewicht, die mit annähernd 1200 Gehirnen der hessischen Bevölkerung durchgeführt wurden und als Durchschnittsgewicht des männlichen Gehirns etwa 1400 g und als das des weiblichen Gehirns 1275 g ergaben. Diese Zahlen stimmen gut mit den (von HANDMANN in Leipzig) gewonnenen Gehirngewichten der sächsischen Bevölkerung überein, die im Durchschnitt 1370 g für Männer und 1250 g für Frauen ergaben.

Wenn die biologische Seite von MARCHANDS Forschertätigkeit betont werden soll, so ist seines schon frühzeitig erwachten Interesses für die tierischen Parasiten des Menschen zu gedenken, wie es sich in den bereits erwähnten Flagellatenfunden bei Darmerkrankungen zu erkennen gab. MARCHAND war der erste, der die dieser Protozoengruppe nahestehenden Erreger der tropischen Splenomegalie (Kala-Azar), die sog. LEISHMAN-DONOVANschen Körperchen der Milz in Deutschland bzw. in Europa nachwies. Reges Interesse brachte er ebenfalls in älteren, wie in neueren Arbeiten (1879, 1881, 1904) den größeren, höher stehenden tierischen Parasiten, besonders den Bandwurmfinnen des Gehirns entgegen, die als *Cysticercus racemosus* der Hirnventrikel zu bedeutender Größe heranwachsen und zu plötzlichen Todesfällen Veranlassung geben können.

Vom biologischen Standpunkt ungemein beachtenswert sind MARCHANDS teils angeregte, teils selbst ausgeführte Transplantationsversuche, bei denen der Nachweis zu führen war, ob sich der übertragene Knochen als lebender Teil dem Organismus einfügt oder aber nur als unbelebtes Gebilde einheilt, um später resorbiert zu werden. Diese für den Chirurgen sehr wichtige Frage konnte nur im letzteren Sinn entschieden werden, wie dies der beim Einleiten der Versuche gemachten Annahme durchaus entsprach. Was für den Knochen gilt, trifft im ganzen auch für die überpflanzten Weichteile zu, d. h. für Teile der Ober- und Lederhaut, Hornhaut, Knorpel, Muskulatur, Nerven usw., die auf ihr Verhalten an ausgedehnten Tierversuchen eingehend geprüft wurden.

Die hohe Bedeutung, welche diesen Fragen zumal in jener Zeit zukam, ergibt sich aus der eingehenden Behandlung, die sie in MARCHANDS berühmten Werk über die Wundheilung erfuhren (1901). In ihm faßte er alle die bis dahin gewonnenen Erfahrungen zusammen und behandelte sie von einem allgemeinen Standpunkt aus. Alle für die Wundheilung im weitesten Umfang in Frage kommenden Vorgänge finden ihre Behandlung und zwar zumeist auf Grund eigener Erfahrung und Anschauung, was den Wert des großen Werkes ungemein erhöht. Es liegt in der Natur der Sache, daß auch der Entzündungsprozeß zur Darstellung gelangt und zwar in einer originellen, ebenfalls auf eigener Kenntnis der Vorgänge beruhenden Behandlung.

Seitdem sind beinahe 25 Jahre vergangen und wieder (1925) liegt ein neues großes Werk von MARCHAND über die örtlichen reaktiven Vorgänge vor, d. h. eine neue Entzündungslehre im Umfang von 600 Seiten. In erschöpfender, alle in Betracht kommenden Fragen behandelnder Darstellung, in der bekannten klaren und anschaulichen Sprache werden die schwierigen Probleme dargelegt. Wir bewundern die Willenskraft und die Klarheit des Geistes, die ihn das unschätzbare Werk noch schaffen ließen. Besonders dankbar müssen wir sein, diese zusammenfassende Darstellung der Entzündungslehre, des „Kardinalproblems der Pathologie" gerade aus seiner Hand zu erhalten.

Wenn bei diesen Ausführungen in erster Linie der Biologe MARCHAND gewürdigt werden sollte, so konnten die auf seinem Hauptgebiet liegenden großen Leistungen schon deshalb nicht unberücksichtigt bleiben, weil auch sie vom Geist des Biologen durchdrungen sind und die biologische Betrachtungsweise allenthalben erkennen lassen. Auch wäre das Bild viel zu einseitig ausgefallen. Im ganzen konnten MARCHANDS Hauptleistungen hier nur kurz berührt werden, zumal sie ihre Würdigung voraussichtlich von anderer dazu berufener Seite finden werden. Von vielen Arbeiten MARCHANDS war überhaupt nicht die Rede, obwohl auch sie von Einfluß auf den weiteren Gang der Forschung waren, so von seinen Untersuchungen über die Arteriosklerose, Geschwülste und Geschwulstbildung, über Mißbildungen, sowie über die Entwicklung menschlicher Eier und die Beziehungen der embryonalen zum mütterlichen Gewebe. Gerade auch bei diesen Problemen spielten Fragestellungen eine Rolle, die außerhalb des Gebietes der pathologischen Anatomie liegen, so bei der Geschwulstbildung, deren Beziehungen zur Keim-

blätterfrage MARCHAND zu entsprechenden Feststellungen am Objekt, wie auch zu Ausführungen allgemeiner Natur veranlaßten (1899). Bei den Mißbildungen liegt das Interesse vor allen Dingen in der Art ihres Zustandekommens und auch hier griffen MARCHANDs Erklärungsversuche weiter aus, indem sie die Ergebnisse der an niederen Wirbeltieren und Wirbellosen arbeitenden experimentellen Entwicklungsgeschichte zum Vergleich herangezogen.

Bei diesem Versuch einer kurzen Kennzeichnung der von MARCHAND behandelten wissenschaftlichen Probleme blieb sein weiterer Lebensgang zunächst unberücksichtigt. Im Jahr 1900 folgte er einer Berufung nach Leipzig. Dort fand er endlich, was er als pathologischer Anatom in den früheren Stellungen schwer vermißt hatte, nämlich ein reiches Untersuchungsmaterial, wie es das Krankenhaus der großen Stadt von selbst darbot. Außerdem erlaubten die bedeutenden Zuhörerzahlen den weiteren Ausbau der stets mit Freude und bestem Erfolg ausgeübten Lehrtätigkeit, so daß die Leipziger Wirksamkeit eine in jeder Beziehung größere und umfassendere war. Überdies trat abermals die Notwendigkeit an ihn heran, den Neubau eines Instituts zu unternehmen, das diesmal entsprechend den größeren Verhältnissen sowohl räumlich wie hinsichtlich der inneren Ausstattung besonders glänzend ausfiel. Bezogen wurde es im Jahr 1906, aber schon vorher (1902) erging an ihn der ehrenvolle Ruf, als Nachfolger RUDOLF VIRCHOWs den Lehrstuhl der pathologischen Anatomie an der Universität Berlin zu übernehmen. Man fand allgemein, daß MARCHAND als der erste und berufenste Vertreter seines Faches an diesen Platz gehöre und war mit seinem ablehnenden Bescheid recht wenig einverstanden. Er selbst war freilich der Meinung, daß sein Verbleiben in der bisherigen Stellung für die weitere Ausübung der wissenschaftlichen Tätigkeit förderlicher sei und damit hat er wohl recht gehabt, wie der Verlauf der nächsten beiden Jahrzehnte erwies.

Die wissenschaftliche Betätigung stand für MARCHAND allezeit im Vordergrund seines Denkens und Wirkens. Fest und unverrückbar war sein Augenmerk darauf gerichtet. Dem hat er nebst seiner hervorragenden geistigen Veranlagung und dem vorzüglichen Blick die großen Erfolge zu verdanken. Mit bewundernswerter Selbständigkeit in sein wissenschaftliches Fachgebiet eingetreten, hat er diese in dauernder Unabhängigkeit von störenden Einflüssen bewahrt, aber das hat ihn keineswegs zur Unnahbarkeit verführt. Mochte er dem Uneingeweihten unter Umständen zunächst ein wenig ablehnend erscheinen, so war dies nur die etwas rauhe Schale, die den goldenen Kern großer Menschenfreundlichkeit und herzlichen Wohlwollens verbarg. Alle seine jungen und älteren Freunde wissen davon zu erzählen. Stets und in jeder Beziehung war er bereit, ihnen zu helfen. Wie kostbar ihm auch die meist recht knapp bemessene Zeit für die Ausführung eigener Untersuchungen war, so opferte er sie dennoch ohne Bedenken der Unterweisung seiner Praktikanten bei deren mehr oder weniger geschickten wissenschaftlichen Bestrebungen. Fast zu aufopfernd erschien es bei dem oft schmerzlich beklagten Zeitmangel, wenn er die eigene große Zeichenfertigkeit in den Dienst der Schülerarbeiten, allerdings wohl noch mehr in den Dienst der Sache stellte, um die bildliche Erläuterung der betreffenden Untersuchungen so überzeugend wie möglich zu gestalten. Für das fernere Ergehen seiner zahlreichen Schüler bewies MARCHAND stets das lebhafteste Interesse. Als Lehrer, als Forscher, als Mensch gehört MARCHAND zu den besten und edelsten. Heute seien ihm für seinen Lebensabend die herzlichsten Wünsche dargebracht; möge ihm seine Schaffensfreudigkeit auch fernerhin erhalten bleiben, denn arbeiten und der Wissenschaft dienen galt ihm stets als das höchste und so wird es bleiben bis ans Ende.

Über die Verwandlung von Wasserstoff in Helium[1].

Von FRITZ PANETH und KURT PETERS, Berlin.

(Aus dem Chemischen Institut der Universität.)

1. Der Grundgedanke der Arbeit.

In den modernen Fassungen der PROUTschen Hypothese, in den astro-physikalischen Berechnungen der Lebensdauer der Fixsterne und in den radioaktiven Überlegungen über den Ursprung der HESSschen Strahlung wird stets auf die theoretisch zu fordernde Verwandlungsmöglichkeit von Wasserstoff in Helium hingewiesen. Diese Elementverwandlung zu realisieren, ist aber bisher nicht gelungen, obwohl bereits mit den verschiedensten Arten elektrischer Entladungen unter Zufuhr großer Energiemengen daran gearbeitet worden ist.

Nun ist die Reaktion selber vermutlich in höchstem Maße energieliefernd; aus der Massenabnahme der 4 Grammatome Wasserstoff beim Übergang in Helium berechnet sich eine Wärmetönung von $6{,}4 \times 10^{11}$ cal. Es ist daher gar nicht sicher, daß überhaupt Energie zugeführt werden muß, um die Reaktion zum Ablauf zu bringen. Eine andere Möglichkeit, die Reaktion nachweisbar zu machen, könnte darin bestehen, daß man die an und für sich unmeßbar langsam verlaufende Elementverwandlung katalytisch beschleunigt. Der Grundgedanke unserer Arbeit war daher, zu prüfen, ob sich *Wasserstoff ohne Energiezufuhr*

[1]) Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft Jg. 59, Nr. 8, S. 2039. Die Erlaubnis zum Abdruck der Arbeit haben Die Naturwissenschaften dem Vorstande der Deutschen Chemischen Gesellschaft und der Schriftleitung der Berichte zu danken.

teilweise *in Helium verwandelt*, wenn man ihn mit einem geeigneten *Katalysator* zusammenbringt; und zwar dachten wir dabei von vornherein an *Palladium* als katalysierende Substanz.

Über die Menge des Heliums, die sich dabei während einer praktisch möglichen Versuchsdauer im günstigsten Fall aus Wasserstoff bilden könnte, fehlte natürlich jeder Anhaltspunkt. Doch mußten die Aussichten, den gesuchten Effekt zu finden, um so besser werden, je empfindlicher wir unsere *Nachweismethode für Helium* gestalten konnten. Der Versuch, die sich bildende Menge zu erhöhen, mußte also ergänzt werden durch die Bemühung, die Grenze der Nachweisbarkeit möglichst herabzudrücken, um so von unten und von oben in dieselbe Größenordnung zu gelangen. Ob dieses Ziel erreichbar sein würde, ließ sich zu Beginn der Arbeit natürlich gar nicht übersehen. Wir glauben aber heute, nach mehrjähriger Beschäftigung mit diesem Problem, daß uns seine Lösung gelungen ist, und wollen im Folgenden kurz darüber berichten. Eine ausführliche Publikation, mit Zeichnungen der Apparatur und mit Literaturhinweisen, wird an anderer Stelle erfolgen.

2. *Der Nachweis des Heliums.*

Durch eine Ausgestaltung der bisher üblichen Verfahren der spektroskopischen Heliumuntersuchung haben wir die Grenze der Nachweisbarkeit auf 10^{-8} bis 10^{-9} ccm (entsprechend 10^{-12} bis 10^{-13} g) hinuntergebracht. Wir gehen so vor, daß wir zunächst in der gebräuchlichen Weise die relativ leicht kondensierbaren Gase durch mit flüssiger Luft gekühlte Kohle entfernen und dann den Wasserstoff mit überschüssigem Sauerstoff zu Wasser vereinigen; diese Vereinigung bewirken wir nicht, wie es meist geschieht, durch elektrische Entladungen, sondern durch Verbrennen an einem Platin- oder Palladiumkontakt. Der Überschuß an Sauerstoff wird dann ebenfalls durch gekühlte Kohle entfernt und der minimale Gasrest in eine Glascapillare von 0,1 mm lichter Weite gebracht, die außen mit Drahtelektroden umwickelt ist und bei ihrer Feinheit direkt an Stelle des Spaltes eines Spektroskops treten kann. Außer den bei der geschilderten Behandlung quantitativ unkondensiert bleibenden Gasen Helium und Neon sind zu Beginn der durch die Capillare geschickten Entladungen in der Regel noch minimale Spuren von Wasserstoff, eventuell auch noch von anderen Gasen, vorhanden. Ein besonders günstiger Umstand für den Nachweis der kleinen Heliummengen liegt nun darin, daß bei längerer elektrischer Erregung in dem elektrodenlosen Glasrohr alle Gase früher verschwinden als die leichten Edelgase Helium und Neon.

Eine Entfernung des *Neons* wird durch unser Verfahren nicht bewirkt und wäre auch nur schwer auszuführen. Und selbst wenn sie nach einer anderen Methode durchführbar wäre[1]), müßte man sie bei unserer Problemstellung vermeiden. Denn das Auftreten von Neon ist ein ungemein wertvoller Fingerzeig, daß atmosphärische Luft eingedrungen ist; die Gefahr, daß dies durch irgendeinen nicht ganz tadellosen Hahn oder eine schlechte Stelle im Glas geschieht, ist so groß, daß man sich beim Erscheinen minimaler Spuren Helium nur dann trauen kann, seine Herkunft aus der Luft mit Bestimmtheit zu verneinen, wenn die Absorptionsmittel so eingestellt sind, daß in diesem Fall gleichzeitig mit dem Helium auch Neon in der Spektralröhre vorhanden sein müßte.

Helium nicht-atmosphärischer Herkunft nehmen wir also nur dann an, wenn es entweder völlig frei von Neon ist oder im gemeinsamen Spektrum die Neonlinien viel schwächer auftreten, als ihrem Verhältnis in einem Neon-Heliumgemisch aus Luft entspricht. Ein absolutes Fehlen der Neonlinien ließ sich nicht in allen unseren Versuchen erreichen, da die spektroskopische Empfindlichkeit des Heliums gegen eine Verunreinigung mit Neon außerordentlich groß ist; wenige Prozent Neon, die dem Helium beigemischt sind, haben bereits das Erscheinen der meisten Neonlinien zur Folge. Doch läßt sich, wenn die Menge des Neons prozentual sehr gering ist, aus dem Charakter des Spektrums noch mit Sicherheit erkennen, daß die Hauptmenge des Gases Helium ist.

Um die Leistungsfähigkeit unserer Methode der Heliumbestimmung zu prüfen, haben wir die *Heliumbildung aus dem aktiven Niederschlag des Thoriums* — die wegen seiner α-Strahlung selbstverständlich ist, aber mit den bisherigen Methoden experimentell nicht erfaßt werden konnte — nachzuweisen versucht. Dies ist uns ohne jede Schwierigkeit gelungen. Aus einem Präparat Thorium B + Thorium C von 3 mg Radiumäquivalent[1]) erhielten wir ein glänzendes Heliumspektrum. Wie sich leicht berechnen ließ, betrug die hier nachgewiesene Heliummenge 10^{-7} ccm. Da mindestens der 10. Teil aber in unserer Capillare qualitativ noch mit Sicherheit als Helium erkennbar ist, kommen wir zu einer Empfindlichkeitsgrenze unseres Verfahrens von mindestens 10^{-8} ccm. Wir glauben, daß das schwächste deutliche Auftreten der grünen Heliumlinie $\lambda = 5016$ Å.-E., an deren Erscheinen wir die kleinsten Mengen Helium erkennen konnten, einer noch geringeren Größenordnung entspricht, doch haben wir diese Empfindlichkeitsschwelle unseres Verfahrens noch nicht genauer festgestellt, da wir bei den entscheidenden Versuchen den Heliumnachweis nicht bis zu dieser äußersten Grenze anspannen mußten.

Es sei bei dieser Gelegenheit erwähnt, daß die Ausarbeitung einer möglichst leistungsfähigen und dabei doch einfachen Methode zur Heliumbestimmung auch zur Untersuchung verschiedener anderer, mit dem Helium zusammenhängender Fragen von

[1]) Etwa durch die Fraktionierung durch heißes Glas (siehe weiter unten).

[1]) Für die freundliche Überlassung des Präparates sprechen wir Herrn O. HAHN und Frl. LISE MEITNER vom Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie in Dahlem unseren herzlichen Dank aus.

Nutzen ist. So hat das Verfahren Herrn GÜNTHER ermöglicht, den *Heliumgehalt von Eisenmeteoriten* zu bestimmen, deren Radiumgehalt nur 5×10^{-14} g pro Gramm Substanz betrug. Wir waren dadurch in der Lage, die unseres Wissens erste Altersbestimmung eines Meteoriten auszuführen; wir erhielten für den Meteoriten *Mount Joy* ein Minimalalter von 600 Millionen Jahren[1]).

Ein anderes Gebiet, auf dem sich unsere Methode mit geringen Modifikationen ebenfalls bewährt hat, ist die *Untersuchung von Erdgasen* auf ihren Heliumgehalt. Während bisher dazu mehrere Liter oder wenigstens mehrere Hundert Kubikzentimeter der Gase verwendet wurden, hat Herr GEHLEN Analysen mit einigen Kubikzentimetern ausgeführt. Dies bedeutet eine wesentliche Erleichterung namentlich für die Beschaffung der Proben. Als interessantestes Ergebnis einer Untersuchungsreihe über den Heliumgehalt verschiedener Gasquellen sei erwähnt, daß wir in einem deutschen Gasvorkommen einen Heliumgehalt gefunden haben, welcher 10 mal so groß ist wie der der heliumreichsten Erdgasquelle, die bisher in Deutschland bekannt war. Die Quelle kommt mit ihrem Gehalt von 0,19% Helium jenen Quellen in Kanada, aus denen Helium technisch gewonnen wird und die einen Gehalt von 0,33% besitzen, sehr nahe. Eine Untersuchung ob auch bei dieser deutschen Quelle die technische Gewinnung von Helium lohnt, ist im Gang.

3. *Nachprüfung älterer Angaben über künstliche Heliumbildung.*

Obwohl die Mehrzahl der in der Literatur vorliegenden Behauptungen über eine Heliumbildung bei elektrischen Entladungen bereits durch Untersuchungen widerlegt ist, die experimentell sorgfältiger sind als jene Arbeiten, welche zu den positiven Resultaten geführt hatten, schien es uns doch der Mühe wert, mit unserer besonders empfindlichen Methode einzelne dieser Angaben nachzuprüfen.

So war von STRUTT die Frage offen gelassen worden, ob beim Bombardieren gewisser *Salze* mit *Kathodenstrahlen* vielleicht doch genügende Mengen Helium entstehen, um — wie dies J. J. THOMSON behauptet hatte — durch die Methode der positiven Strahlen, wenn auch nicht spektroskopisch, nachgewiesen zu werden. Aus den Angaben THOMSONS läßt sich aber berechnen, daß die in seinem Kanalstrahlapparat zur Erkennung ausreichende Menge Helium auch zu einem spektroskopischen Nachweis in unserer Apparatur genügen müßte. Herr GEHLEN, der die Nachprüfung der Versuche unternahm, konnte aber nach langem Bombardieren der Salze spektroskopisch nicht die geringste Menge Helium feststellen.

Wir haben ferner *Wasserstoff* im *Ozonisator* durch viele Stunden *dunklen elektrischen Entladungen* ausgesetzt. Wir wählten diese Form der elektrischen Energiezufuhr, weil man hier elektrodenlos und unter sorgfältigem Ausschluß aller Luftspuren arbeiten und den Druck des Gases, sowie die Spannung und Stromstärke in relativ weiten Grenzen variieren kann. Auch im Ozonisator haben wir niemals die geringste Heliumbildung feststellen können.

Endlich haben wir auch, in enger Anlehnung an die von einzelnen Forschern als heliumbildend beschriebenen Verfahren, durch *Wasserstoff* in einem *Geißlerrohr* mit Aluminiumelektroden stundenlang starke elektrische Entladungen geleitet; auch hier war das Ergebnis der Prüfung auf Helium stets vollkommen negativ. Wir schließen uns daher in der Frage der elektrischen Bildung von Helium aus Wasserstoff der Ansicht derer an, welche die Heliumentstehung in nachweisbarer Menge leugnen.

4. *Entstehung von Helium bei der Einwirkung von Palladium auf Wasserstoff.*

Den eingangs erwähnten Gedanken, Wasserstoff durch Einwirkung von Palladium in Helium zu verwandeln, haben wir zunächst in der Form apparativ zu verwirklichen gesucht, daß wir Wasserstoff in möglichst großen Mengen — bis über 1 Liter — durch heißes Palladium hindurchströmen ließen, in der Erwartung, daß vielleicht im Moment des Austritts ein Bruchteil der in unregelmäßiger Anordnung und relativ hoher Konzentration vorhandenen Protonen und Eelektronen sich nicht zu Wasserstoffatomen, sondern zu Heliumkernen zusammenfügen würde. Die Hauptmenge des durch eine rotglühende *Palladiumcapillare* in unsere Apparatur gelangenden Wasserstoffs wurde durch erhitztes Calcium gebunden oder durch eine zweite Palladiumcapillare gegen Vakuum ausströmen gelassen, der Rest in der oben beschriebenen Weise durch Verbrennen mit Sauerstoff entfernt, und die übrig bleibenden Gase spektroskopisch untersucht. Die Apparatur war immerhin so kompliziert, daß es sehr schwer war, Luft so vollständig auszuschließen, daß sie sich nicht bei der Empfindlichkeit unseres Nachweisverfahrens durch spurenweise Anwesenheit von Neon im Spektalrohr zu erkennen gegeben hätte; der Neongehalt von 1 cmm Luft, also eine Menge von $1{,}8 \times 10^{-8}$ ccm Neon, stört bereits die Reinheit der Versuche. Bei einzelnen Experimenten gelang es aber, das Eindringen von Luft völlig zu verhindern. In diesen Fällen waren gelegentlich einige Heliumlinien schwach zu sehen, sie genügten aber nicht, uns von der Wirksamkeit unserer Palladiumcapillare in bezug auf Heliumbildung zu überzeugen, vor allem deswegen, weil keine Proportionalität zwischen der Stärke des Auftretens der Heliumlinien und der hindurchgeschickten Wasserstoffmenge, m. a. W. der Versuchsdauer, zu erkennen war. Wir kamen daher zu dem Schluß, daß beim Hindurchströmen von Wasserstoff durch glühendes Palladium sich keine mit unsern Mitteln sicher feststellbare Heliummenge bildet.

Immerhin waren die geschilderten Experimente die einzigen, die Andeutungen einer Heliumbil-

[1]) Für die Überlassung einiger Gramme dieses Meteoriten sind wir Herrn Direktor H. MICHEL vom Naturhistorischen Staatsmuseum in Wien zu bestem Dank verpflichtet.

dung zu geben schienen. Und da wir den Eindruck hatten, daß die nach einem Versuch in der Apparatur zurückbleibende Wasserstoffmenge an der kalten Capillare den Effekt in derselben eben wahrnehmbaren Stärke zeigte, wie viel größere durch die heiße Capillare geschickte Gasmengen, kamen wir auf die Vermutung, daß die Heliumbildung sich vielleicht an der Oberfläche von Palladium bei Zimmertemperatur vollzieht. Wenn diese Vermutung richtig war, mußte sich der Effekt durch eine Vergrößerung der Oberfläche des Palladiums steigern lassen.

Unsere nächsten Versuche stellten wir darum mit verschiedenen Präparaten von *Palladiummohr*, *Palladiumschwamm* und *Palladiumasbest* an; statt Wasserstoff durch Palladium hindurchzutreiben, ließen wir ihn nun einfach vom Paladium absorbieren und verbrannten ihn nach verschiedenen Zeiten mit Sauerstoff an demselben Palladiumpräparat. Dadurch wurde eine wesentliche Vereinfachung der apparativen Anordnung erzielt, und der Luftausschluß wurde viel leichter als bei den Versuchen mit der glühenden Palladiumcapillare. Gleichzeitig mit der Reinheit unserer Heliumspektren steigerte sich auch die Stärke der Effekte. Es gelang uns, Präparate herzustellen, die bereits nach Ablauf von 12 Stunden beim Erhitzen gleichzeitig mit dem Wasserstoff genügend Helium abgaben, um 4—5 Linien des Heliumspektrums ohne eine Neonlinie erkennen zu lassen. Bei andern, weniger wirksamen Präparaten konnten wir ebenso deutliche Heliumspektren nach Ablauf einiger Tage oder Wochen feststellen, wie wir überhaupt bei diesen Versuchen von Anfang an den Eindruck hatten, daß nunmehr die früher vermißte *Proportionalität zwischen Effekt und Versuchsdauer* mindestens in groben Zügen vorhanden war. Eine exakte Feststellung dieser Proportionalität ist uns noch nicht möglich gewesen, da wir bis jetzt Heliummengen von 10^{-7} ccm abwärts nur der Größenordnung nach schätzen können, und wir außerdem die Beobachtung machten, daß nicht nur die Wirksamkeit zweier anscheinend ganz gleich behandelter Palladiumpräparate oft verschieden ist, sondern auch jedes einzelne Präparat seine Wirksamkeit im Laufe der Zeit mehr und mehr zu verlieren geneigt ist.

Nun ist es bekannt, daß auch die Aufnahmefähigkeit des Palladiums für Wasserstoff kaum erklärlichen Schwankungen unterliegt und „aktives" Palladium von selbst allmählich „inaktiv" wird. Wir haben die Methoden, die zur *Wiederaktivierung von Palladium* empfohlen werden, nämlich Erhitzen in Wasserstoff oder Sauerstoff oder einem Gemisch beider oder im Vakuum, auch versucht und tatsächlich in vielen Fällen damit einen Erfolg erzielt; Palladium, welches nicht mehr in merklicher Menge Helium bildete, war nach einer solchen Behandlung auch in diesem Sinn wieder „aktiv" geworden. Die Parallelität des aktiven Zustands für die Wasserstoffbindung mit dem für die Heliumbildung besteht aber nach unseren bisherigen Erfahrungen nur insofern, als kein Präparat, welches gegen Wasserstoff inaktiv war, Helium bildete; andererseits haben aber auch Präparate, die gut Wasserstoff absorbierten, gelegentlich wenig oder kein Helium geliefert, namentlich dann, wenn wir den Wasserstoff in der Hitze hatten aufnehmen lassen.

Da sich aus den oberflächenreichen Palladiumpräparaten das Helium erst bei höherer Temperatur völlig entfernen läßt, vermuteten wir, daß in allen solchen Präparaten, die längere Zeit unbenutzt bei Zimmertemperatur gelegen sind — da sie ja stets etwas Wasserstoff gebunden enthalten — sich Helium nachweisen lassen müsse. Verschiedene von uns daraufhin untersuchte alte Palladiumpräparate haben ausnahmslos diese Ansicht bestätigt; da sich ohne Erhitzen auch die adsorbierte und okkludierte Luft nicht restlos beseitigen läßt, erhielten wir natürlich kein reines Helium, sondern ein Helium-Neongemisch, in dem die Anreicherung an Helium aber meist sehr deutlich war. Die Heliummengen sind, entsprechend der langen Zeitdauer, relativ bedeutend; so gab 1 g eines 50 proz. Palladiumasbests, den wir vor 2 Jahren von der Firma KAHLBAUM bezogen hatten, dessen Herstellungsdatum aber möglicherweise noch weiter zurückliegt, 10^{-6} ccm praktisch reines Helium.

Da diese Menge, auch verglichen mit der von andern, jahrealten Präparaten gelieferten, abnorm groß war, schien es uns wahrscheinlich, daß dieser Palladiumasbest auch jetzt noch ungewöhnlich heliumaktiv sei, und wir haben bei ihm ebenso wie bei den von uns selbst hergestellten Präparaten die Neubildung von Helium verfolgt. Er zeigte sich dabei tatsächlich allen unsern eigenen Präparaten überlegen, wie übrigens auch andern Lieferungen von Palladiumasbest derselben Firma. Mit ihm war es uns möglich, eine Versuchsreihe durchzuführen, auf die wir besonderen Wert legen; wir haben ihn mehrere Tage hindurch in unserer luftdichten Apparatur abwechselnd mit Wasserstoff- und mit Sauerstoffbeladung stehen gelassen und vor jedem Wechsel der Beladung die in ihm enthaltene Heliummenge untersucht. Nach 12stündigem Stehen in Sauerstoff war eine kaum merkliche Menge Helium zu finden, die sich ungezwungen aus dem restlichen Wasserstoff erklären läßt. Nachdem der Palladiumasbest unmittelbar darauf 5 Stunden in Wasserstoff gestanden hatte, ergab eine Analyse die 10—100fache Menge Helium. Wir haben diesen Versuch 3mal hintereiander mit stets demselben Erfolg durchgeführt. Als wir mit der Untersuchung dieses Palladiumasbests begannen, war die Heliumbildung in Wasserstoff von der Größenordnung 10^{-8}—10^{-7} ccm pro Tag; nach etwa 20maligem Erhitzen war aber auch dieser Palladiumasbest inaktiv geworden. Durch eine abwechselnde Sauerstoff- und Wasserstoffbehandlung bei verschiedenen Temperaturen hat er die Fähigkeit zur Heliumbildung wiedererhalten, aber nicht in demselben Maß wie anfangs; er lieferte pro Tag nur mehr 10^{-9}—10^{-8} ccm Helium, ein Betrag,

den auch manche der von uns hergestellten Sorten von Palladiumasbest erreicht haben.

Außer an Palladiumpräparaten haben wir die Heliumbildung auch an *Platinasbest*, *Platinmohr*, *Platinschwamm* und an *pyrophorem Nickelpulver* untersucht. Einzelne Platinpräparate haben deutlich positive Resultate ergeben, wenn die Effekte auch stets schwächer waren als an den besten Palladiumpräparaten. Die Wirksamkeit von Nickel scheint noch geringer zu sein, doch neigen wir auf Grund der bisherigen Ergebnisse der Ansicht zu, daß auch sie noch nachweisbar ist.

5. *Diskussion der Fehlerquellen.*

Wir haben uns selbstverständlich immer von neuem die Frage vorgelegt, ob man das Auftreten von Helium in unserer Apparatur nicht durch schon vorhandenes Helium erklären kann.

Am nächsten liegt der Gedanke, daß das Helium aus der *Luft* stammt. Wie schon oben erwähnt, genügt eine einfache Undichtigkeit der Apparatur nicht zur Erklärung, da dann Helium und Neon im Luftverhältnis anwesend sein müßten; Helium aus Luft kann nur dann zur Deutung herangezogen werden, wenn man einen Mechanismus aufzeigen kann, der eine Fraktionierung zugunsten des Heliums bewirkt.

Ein solcher Mechanismus kann aber unter Umständen vorhanden sein. Während *Glas* bei Zimmertemperatur für die Dauer unserer Versuche genügend heliumdicht ist, läßt es bei erhöhter Temperatur sehr merkbare Mengen dieses Gases durch[1]); Neon wird in soviel geringerem Maße hindurchgelassen, daß man aus atmosphärischer Luft durch einmaliges Passierenlassen durch heißes Glas fast neonfreies Helium gewinnen kann[2]). Wir haben daher dafür Sorge getragen, daß der einzige Teil unserer Apparatur, welcher kurze Zeit erhitzt werden muß — das Röhrchen mit dem Paliadiumpräparat zum Zweck des Verbrennens des Wasserstoffs und Austreibens des Heliums — sich von einem Vakuummantel umgeben unter Wasser befindet. Wie zahlreiche Leerversuche gezeigt haben, wird dadurch das Eindringen von Helium aus der Luft völlig vermieden.

Eine zweite Art, in welcher *Glas Helium* und *Neon fraktioniert trennen* kann, die mit der ersten nahe verwandt ist, aber die Versuche wieder in etwas anderer Weise zu stören vermag, beruht auf der Fähigkeit des Glases, Helium aus einem Helium-Neongemisch selektiv zu adsorbieren und im weiteren Verlauf zu lösen. Wir haben Versuche mit Glasröhren angestellt, die mehrere Tage mit Neonhelium im Luftverhältnis von $^1/_2$ Atmosphäre Gesamtdruck gefüllt waren; beim Erhitzen setzen so vorbehandelte Glasröhren fast reines Helium in Freiheit. Die Heliummengen, die Glas aus atmosphärischer Luft aufnehmen kann, sind aber so gering, daß — wie ebenfalls Leerversuche zeigten — die Glasröhrchen, in denen sich die Palladiumpräparate befanden, keinen merklichen Beitrag zu den in den Versuchen gefundenen Heliummengen liefern konnten.

Die Erscheinung, daß die Palladiumpräparate kurz nach der Herstellung am besten wirken, legt den Verdacht nahe, daß diese Präparate sich bei ihrer Darstellung mit Helium aus Luft sättigen und dieses Helium dann erst nach mehrmaligem Erhitzen abgeben und sich so erschöpfen. Nun läßt sich aber zeigen, daß Palladium — ganz im Gegensatz zum Glas — nicht die Fähigkeit hat, Helium selektiv zu adsorbieren, ebensowenig wie es Helium lösen oder diffundieren lassen kann. Wir haben uns durch Versuche überzeugt, daß die Heliummengen, die von Palladium aus einem Neon-Heliumgemisch von $^1/_2$ Atmosphäre Druck gleichzeitig mit Neon aufgenommen werden, schon bei 1maligem kurzen Erhitzen bis unterhalb der Grenze der Nachweisbarkeit abgegeben werden; dabei ist es gleichgültig, ob die Präparate so hergestellt werden, daß man Palladoamminchlorid in dem erwähnten Gasgemisch thermisch zersetzt, das Palladiummetall also gewissermaßen in statu nascendi mit dem Helium in Berührung kommt, oder ob man aus Lösungen gewonnenen Palladiumasbest nachträglich in einer Neon-Heliumatmosphäre aufbewahrt. Nun beträgt der Partialdruck des Heliums in Luft nur den 20000. Teil des bei unseren Versuchen angewandten Partialdrucks; um so weniger können daher Palladiumpräparate, die sich nicht mit Helium von so hoher Konzentration, sondern nur mit Luft in Berührung befanden, Helium in störendem Betrag aufnehmen und so schwer wieder abgeben, wie man es zur Erklärung unserer Versuche annehmen müßte. Auch Asbest hat, wie wir fanden, nicht die Fähigkeit, Helium aus einem Neon-Heliumgemisch anzureichern; der krystallisierte Asbest verhält sich also in dieser Beziehung ganz anders als die amorphen Silicate Glas und Quarzglas.

In die Apparatur eingeführt wurden während der Versuche nur Wasserstoff und Sauerstoff. Beide wurden aus einem besonders konstruierten Elektrolyseur entnommen, welcher völlig luftdicht und vor Gebrauch durch Evakuieren und stundenlanges Inbetriebhalten von den letzten Resten Luft befreit worden war. Beide Gase enthielten nach unseren Leerversuchen weniger als $^1/_{1000}$% Luft. Aber selbst wenn man, etwa als Folge einer plötzlich entstandenen Undichtigkeit, eine Verunreinigung der Gase durch Luft annehmen wollte, wäre das Auftreten des neonfreien Heliums noch nicht erklärt, da hier wieder der Fraktionierungsmechanis-

[1]) In speziellen Untersuchungen haben wir festgestellt, daß auch bei Zimmertemperatur Glas nicht als völlig heliumdicht angesehen werden darf, wenn man mit einer so empfindlichen Nachweismethode arbeitet; doch ist in unserer Apparatur die durch das Glas eindringende Menge erst nach etwa einer Woche eben merklich. Bei Versuchen, die sich über Tage oder Wochen erstreckten, haben wir die Vorsicht gebraucht, die in Betracht kommenden Glasteile der Apparatur unter Wasser zu halten, was zur Folge hat, daß auch die in Monaten eindringende Heliummenge unter der Grenze unseres Nachweisverfahrens bleibt.

[2]) D.R.P. 431507.

mus fehlt; daß nicht etwa Palladium das Neon selektiv verschlucken und dadurch das Helium im Gasrest anreichern kann, haben wir noch dadurch bewiesen, daß wir Palladiumpräparate, die beim Erhitzen Helium abgaben, in unserer geschlossenen Apparatur vollständig auflösten und die in Freiheit gesetzten Gase analysierten; auch dabei ergab sich ein Überschuß von Helium und nicht von Neon über das Luftverhältnis.

Daß schließlich nicht etwa das *Palladium* — infolge einer Art radioaktiven Zerfalls — Helium entwickelt, haben wir durch das Auflösen möglichst alter Palladiumbleche und Untersuchung der entstehenden Gase gezeigt. Da Palladium für Helium undurchlässig ist, hätte sich das Helium im Innern speichern müssen. Auch in einem 10 Jahre alten Palladium war aber kein Helium nachweisbar, von einer an der Grenze der Beobachtungsmöglichkeit liegenden Spur abgesehen, die sich auf die Wirkung des an der Oberfläche gebundenen Wasserstoffs zurückführen läßt.

Auch von den alten *Platinblechen*, die wir untersuchten, haben die meisten kein Helium gegeben; in einem Blech fanden wir allerdings merkliche Mengen. Worauf dieser Unterschied gegenüber den anderen beruht, können wir vor Anstellung weiterer Versuche nicht angeben; es mag sein, daß dieses stark benutzte Blech Hohlräume enthielt, so daß sich an einer „inneren Oberfläche" des Platins Helium im Lauf der Jahre zwar bilden, aber nicht entweichen konnte.

6. *Diskussion des Ergebnisses.*

Da wir demnach alle Fehlerquellen, die uns in Betracht zu kommen scheinen, als zur Erklärung der beobachteten Effekte nicht ausreichend befunden haben, gelangen wir zu dem Ergebnis, daß das in unserer Apparatur auftretende Helium seine Entstehung der Einwirkung des Palladiums auf Wasserstoff verdankt. Namentlich das Ausbleiben der Heliumbildung bei Sauerstoffbeladung des Palladiums und das Wiedereintreten bei Wasserstoffbeladung scheint uns keine andere Deutung zuzulassen. Denn selbst wenn man — entgegen dem im vorhergehenden Abschnitt Gezeigten — annehmen wollte, daß das Palladium Helium enthält, müßte man jetzt noch die weitere Hypothese hinzufügen, daß dieses Helium nur durch Wasserstoff daraus in Freiheit gesetzt werden kann. Daß aber Wasserstoff nicht die Fähigkeit hat, Palladium für Helium durchlässig zu machen, haben wir in einem eigenen Versuch bewiesen: eine Palladiumcapillare, die in einem Gemisch von reinem Helium (aus Monazitsand) und Wasserstoff geglüht wurde, ließ ebensowenig Helium durch, wie wenn das Glühen in Helium ohne Wasserstoff erfolgte.

Daß das Helium, welches bei der gegenseitigen Einwirkung von Wasserstoff und Palladium entsteht, seine Bildung im Sinn unserer Grundannahme einer katalytischen Begünstigung der dem Wasserstoff innewohnenden Tendenz, sich in Helium zu verwandeln, verdankt, läßt sich aus den Experimenten direkt nicht folgern. Wenn man sich aber überhaupt zu der Annahme einer Neuentstehung des Heliums entschließt, bleibt dies weitaus die einleuchtendste Erklärung. Dem Palladium wird man um so mehr nur die Rolle eines Katalysators zuschreiben, als Platin zwar schwächer, aber qualitativ ebenso wirkt.

Die Fortsetzung der Arbeit muß hauptsächlich zu ergründen trachten, worauf die verschieden gute Wirksamkeit verschiedener Palladiumpräparate — und ein und desselben Präparats zu verschiedenen Zeiten — beruht. Es scheint uns verfrüht, heute schon einen Zusammenhang mit den aus anderen Gründen gemachten Hypothesen allotroper Modifikationen des Palladiums zu suchen; auch die Vermutung, daß nur die Adsorption des Wasserstoffs wirksam, seine Absorption aber unwirksam ist — für die uns manches zu sprechen scheint —, können wir nur mit Vorbehalt äußern. Erst auf Grund einer Vermehrung des experimentellen Materials wird sich auch überblicken lassen, wieweit man die Reaktionsgeschwindigkeit der Heliumbildung zu steigern hoffen darf.

Eine weitere wichtige Frage, die wir noch ungeklärt lassen müssen, ist die nach dem Verbleib der großen Energiemengen, die bei der Heliumbildung höchstwahrscheinlich frei werden. Es ist öfters ausgesprochen worden, daß jede Heliumbildung sich sofort durch eine gewaltige *Wärme*entwicklung verraten müßte. Nun sind aber die zu erwartenden Energiemengen zwar relativ — d. h. verglichen mit den bei chemischen Reaktionen frei werdenden — ungeheuer groß, ihrem absoluten Betrag nach aber bei den in unseren Versuchen gebildeten Mengen doch voraussichtlich noch zu gering, um überhaupt nachgewiesen zu werden. Bei der Bildung von 10^{-8} ccm Helium ist eine Wärmetönung von 0,28 cal. zu erwarten; wenn man aber Palladium mit Wasserstoff belädt, treten viel bedeutendere Wärmeeffekte auf, die teils als Absorptionswärme, teils als Bildungswärme einer chemischen Verbindung gedeutet werden und zum Teil auch ihren Ursprung der Verbrennung von Sauerstoffresten verdanken können. Neben diesen Effekten wird eine Wärmetönung als Folge der Bildung einer so kleinen Heliummenge sehr schwer feststellbar sein.

Nun besteht aber auch die Möglichkeit, ja, es ist aus theoretischen Gründen sogar wahrscheinlicher, daß die Energie bei der Heliumbildung zunächst nicht als Wärme, sondern als *Strahlung* frei wird. Wir haben öfters versucht, neben mit Wasserstoff beladenen Palladiumpräparaten eine γ-Strahlung festzustellen oder eine Aussendung von Ionen beim Überleiten von Wasserstoff über Palladium, aber weder bei den ersten Versuchen, noch — im Gegensatz zu Angaben der Literatur — bei den letzteren irgendeine Wirkung in den Elektroskopen erhalten. Die Versuche sollen mit verfeinerten Hilfsmitteln fortgesetzt werden, doch ist ein Erfolg dieser Messungen um so unsicherer, als selbst im Fall, daß die Vereinigung der Wasserstoffatome zu Helium unter Strahlungsaussendung vor sich geht,

wir diese Strahlung möglicherweise nicht finden können; es ist denkbar, daß sie so durchdringend ist, daß sie vor wiederholtem Eintritt des *Compton*-effektes sich in unseren Meßapparaten nicht fassen läßt.

Der *Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft* danken wir für die gewährten Mittel, dem *„Sauerstoffwerk Borsigwalde der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen"* für die Überlassung von flüssiger Luft und den Herren cand. chem. HEINZ GEHLEN und PAUL GÜNTHER für freundliche Hilfe bei verschiedenen Versuchen.

Besprechungen.

GUTBIER, ALEXANDER, **Goethe, Großherzog Carl August und die Chemie in Jena.** Mit einem neu aufgefundenen Brief Döbereiners an Goethe. Jenaer akademische Reden Heft 2. Jena: Gustav Fischer 1926. VI, 66 S., 3 Tafeln u. 30 Anlagen. Preis geh. RM 2.80.

Weimars Glanzzeit war auch eine Glanzzeit für die Universität Jena. Neben Schiller strahlten unter ihren Lehrern Sterne von hohem Rang, besonders die Philosophen FICHTE, SCHELLING und HEGEL. Von diesen hat SCHELLING auch auf die Naturwissenschaft einen starken Einfluß — nicht immer im guten Sinne — ausgeübt. Weniger bekannt ist, daß neben der auf den Höhen der Spekulation wandelnden Naturphilosophie dort damals auch die auf dem nüchternen Boden der Tatsachen stehende eigentliche Forschung sich vorzüglicher Vertreter erfreute. Zum großen Teile war dies GOETHE, der als „Chef der Oberaufsicht" etwas Ähnliches wie sonst ein Universitätskurator war, zu verdanken; zu einem wesentlichen Teil war es aber auch das Verdienst KARL AUGUSTS, der gleich seinem ersten Minister für die Naturwissenschaften begeistert und im raschen Handeln ihm oft überlegen war. Beide Männer schätzten besonders hoch die durch LAVOISIER so herrlich geförderte Chemie. Sie waren daher sehr ernstlich bestrebt, ihr an ihrer „Akademie" eine würdige Stätte — würdiger als sonst an den deutschen Hochschulen — zu bereiten. Die für GOETHE und die Geschichte der Naturwissenschaften interessierten Kreise sind hierüber durch mehrere Veröffentlichungen des unterzeichneten Referenten unterrichtet worden[1]). Dieselben Kreise geht die obengenannte akademische Rede an, deren Verfasser, bekanntlich Professor der Chemie an der Universität Jena, zur Zeit daselbst die Würde des Rektors bekleidet. Gehalten wurde sie zur Feier der akademischen Preisverteilung im Juni dieses Jahres. Sie schildert, wie sich zur Goethezeit das chemische Unterrichtswesen in Jena entwickelt hat, und das „zur Erreichung hoher Ziele im akademischen Leben immer wenigstens zwei Männer in gegenseitig aufrichtigem Vertrauen sich finden müssen: der Dozent ... und der Minister oder Ministerialreferent", so stehen einerseits DÖBEREINER und sein Vorgänger GÖTTLING und andererseits GOETHE und sein Fürst im Mittelpunkt der Erörterung.

Einen ungefähr ebenso großen Raum wie der Text der Rede mit den zugehörigen Anmerkungen nehmen die Anlagen ein. Diese, dreißig an der Zahl, sind den Akten des Weimarer Staatsarchivs sowie den Protokollen des Senats und der Philosophischen Fakultät von Jena entnommen und bringen wichtiges neues Material, das den Vorgängern des Verfassers gar nicht oder wenigstens nur mittelbar zu Gebote stand. Wegen dieses Materials und seiner vorzüglichen Verwertung ist die Veröffentlichung weit mehr als eine bloße akademische Rede und vielmehr als eine Quellenschrift zu werten.

Aus dem reichen Inhalt soll hier nur das Wichtigste hervorgehoben werden. Der Verfasser bekämpft zunächst — ähnlich wie es der Referent früher an mehreren Stellen getan hat[1]) — die zum Dogma gewordene Irrmeinung, daß LIEBIG, so gewaltig auch seine Verdienste um den chemischen Hochschulunterricht waren, der erste Universitätslehrer in Deutschland war, der seine Studierenden auch praktisch, insbesondere im Analysieren, unterrichtete. Demgegenüber begründet der Verfasser, daß lange vorher „in Jena ... für den chemischen Unterricht ausgezeichnet gesorgt war", und zwar schon seit 1789. In diesem Jahre wurde nämlich J. F. A. GÖTTLING zum außerordentlichen Professor an der dortigen Universität ernannt, nachdem GOETHE und KARL AUGUST die Ausbildung des begabten jungen Weimarer Apothekenprovisors zu einem auf der Höhe der Wissenschaft stehenden „Scheidekünstler" veranlaßt und in wahrhaft großzügiger Weise durchgeführt hatten. Sehr bedeutsam war es, daß dieser in die Philosophische Fakultät berufen wurde, denn hierdurch war anerkannt, daß die Chemie, die ja damals an den Universitäten allgemein nur als ein Nebenfach der Medizin angesehen wurde, eine selbständige Wissenschaft sei. GÖTTLING verfügte von Anfang an über ein im Jenaer Schlosse gelegenes Forschungslaboratorium, das dank den Bemühungen GOETHES und des Fürsten gut ausgestattet war; ein eigenes Auditorium hatte er jedoch nicht, so daß er, da er nicht nur theoretischen, sondern nach Möglichkeit auch experimentellen Unterricht erteilte, darauf angewiesen war, seine Apparate jedesmal aus dem Laboratorium in einen nahen Hörsaal hinzuschaffen und nachher möglichst rasch zurückzubefördern, auch im Interesse seines Nachfolgers für Lüftung zu sorgen. Nach dem Tode GÖTTLINGS, als dessen größtes Verdienst GOETHE mit Recht seine Bekämpfung der phlogistischen Lehre rühmt, wurde im Jahre 1810 — und zwar lediglich durch KARL AUGUSTS kluges Eingreifen — DÖBEREINER auf seinen Lehrstuhl berufen. Er war ein Apotheker und Gewerbetreibender ohne höhere Schulbildung und ohne akademisches Studium, aber bereits durch mancherlei Veröffentlichungen bekannt. Beglückt durch diese Berufung, die sein höchstes Sehnen erfüllte, entwickelte sich der geniale Mann rasch zu einem der hervorragendsten Forscher Deutschlands; ja, seine Platinuntersuchungen, zu denen ihm die Erbgroßherzogin aus ihrer russischen Heimat Material kommen ließ, verschafften ihm Weltruf. DÖBEREINER war gleichzeitig ein geborener Lehrer. Da er von Anfang an — mit derselben Klarheit wie später LIEBIG — Experimentalvorlesungen von höchster Vollendung und noch mehr praktische Übungen als die Hauptsache im chemischen Hochschulunterricht erkannte, gab er sich

[1]) Vgl. JULIUS SCHIFF, GOETHES chemische Berater und Freunde, Deutsche Rundschau 1912, S. 450 ff, und JULIUS SCHIFF, Briefwechsel zwischen GOETHE und JOHANN WOLFGANG DÖBEREINER, Weimar 1914.

[1]) Vgl. z. B. JULIUS SCHIFF, Das erste chemische Institut der Universität Breslau, Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1920, S. 29 ff.

mit dem Erbe GÖTTLINGS nicht zufrieden, sondern verlangte überdies einen besonderen, mit Experimentiertisch usw. ausgestatteten Hörsaal und Arbeitsräume für seine Studierenden. Er fand bei GOETHE und KARL AUGUST das größte Verständnis. Beide förderten den von ihnen auch persönlich hochgeschätzten Mann so viel als irgend möglich. Der Mangel an Geldmitteln nötigte allerdings zu manchem Verzicht, und oft konnten selbst die dringendsten Bedürfnisse nicht befriedigt werden. Da half dann beispielsweise — was der heutigen Zeit fast unglaublich klingt — die „Oberaufsicht" indem sie DÖBEREINER riet, sich 20 Pfund Quecksilber aus den Beständen des damit gut versehenen Jenaer Hofapothekers zu leihen, und indem sie ihm die Mitbenützung der anderen Instituten gehörigen Eudiometer, Barometer und sonstigen Apparate gestattete. Auch bescheidene Arbeitsräume — ebenfalls im Schlosse — wurden ihm zur Verfügung gestellt; ob sie allerdings den Namen eines Unterrichtslaboratoriums, den der Verfasser ihnen gibt, verdienten, erscheint zweifelhaft. Sicherlich aber ist der schöne Experimentiersaal, der 1816 in einer Vorstadt von Jena im Hellfeldischen Hause für den immer vorwärts strebenden „dozierenden Chemiker" eingerichtet wurde, als ein solches zu bezeichnen, woraus hervorgeht, daß Jena schon mehrere Jahre vor LIEBIGS Auftreten für das Chemiestudium im modernen Sinne gesorgt hatte. Zu den Vorzügen des neuen Laboratoriums gehörte es auch, daß hier nicht, wie in den Räumen des Schlosses, die Arbeit zu festgesetzter Stunde abgebrochen werden mußte; hier durfte vielmehr „der Herr des Hauses . . . allein oder mit seinen Studierenden ungestört experimentieren, wann es ihm beliebte".

Folgerecht entwickelte sich nun infolge des vorbildlichen Zusammenwirkens des Professors mit dem von ihm hochverehrten Manne, den er mit Stolz seinen Chef nannte, der chemische Unterricht mit Praktikum und Analysierübungen in Jena weiter. Gekrönt wurde das Werk, als das Laboratorium mit allem Zubehör in einen schönen zweckmäßigen Neubau im Jahre 1833 übergeführt wurde. An den Plänen hatte GOETHE noch mitgewirkt, freilich die Ausführung nicht mehr erlebt.

Beigegeben ist der Schrift eine gute Abbildung des Hellfeldischen, den Experimentiersaal einschließenden Hauses zusammen mit dem benachbarten neuen Laboratorium (nach einem wenig bekannten, im Städtischen Museum zu Jena befindlichen Original) sowie eine Reproduktion einer auch an anderer Stelle veröffentlichten Goetheschen Handzeichnung, die ebenfalls das Hellfeldische Haus darstellt. Die Schrift selbst ist nicht nur — was sie zunächst sein soll — ein bedeutsamer Beitrag zur Geschichte der Universität Jena, sondern sie ist auch von hohem Wert für die Goetheforschung und für die — als einheitliches Werk bisher nicht geschriebene — Geschichte des chemischen Unterrichts an den deutschen Hochschulen.

JULIUS SCHIFF, Breslau.

Zuschriften.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften nicht für verantwortlich.

Das antirachitische Vitamin.

In einer Zuschrift, die über die Ultraviolettbestrahlung von Milch und über die hierbei erfolgende Bildung vitaminartiger Stoffe handelt, weisen E. TIEDE und P. REYHER[1]) darauf hin, daß bisher „die bei der Ultraviolettbestrahlung der Milch zwangsläufig aus dem Luftsauerstoff sich ergebende Ozonwirkung nicht genügend berücksichtigt" worden sei; sie zeigen, daß der charakteristische (lebertranähnliche) Geruch und Geschmack ultraviolettbestrahlter Milch auf die Einwirkung von Ozon zurückgeführt werden müsse und teilen mit, daß sie die *„Vitaminisierung mit Ozon"* zum Patent angemeldet haben. Sie fügen allerdings hinzu, sie wollten und könnten natürlich nicht behaupten, daß neben der Ozonwirkung nicht auch eine spezifische, durch Geruch und Geschmack nicht zu erkennende Lichtbeeinflussung stattfinde.

Ähnliche Ergebnisse haben, wie die Tagespresse berichtet, einige *Leipziger Forscher* erhalten, die im Ozon oder in Ozoniden das charakteristische *antirachitische Vitamin* gefunden zu haben glauben und zur Identifizierung, soweit ich den Zeitungen entnehmen kann, die ähnliche Wirkung von Lebertran und Ozoniden auf die photographische Platte verwenden.

Wie ich in einem Vortrag vor der Deutschen Chemischen Gesellschaft ausgeführt habe, ist von amerikanischen und englischen Forschern, vor allem von ALFRED HESS (Neuyork) und OTTO ROSENHEIM (London) zuerst gezeigt worden, daß die *Sterine* (*Cholesterin* und *Sitosterin*) bei der Bestrahlung mit ultraviolettem Licht antirachitisch wirksam werden. Es ist sehr naheliegend, anzunehmen, daß den hierbei entstehenden Oxyden oder Ozoniden die charakteristische Wirkung zukomme, und auch ich habe dies anfangs vermutet.

[1]) Heft 31 der Naturwissenschaften, S. 741.

Es hat sich aber herausgestellt (HESS, ROSENHEIM), daß die Aktivierung des Cholesterins durch Bestrahlung auch gelingt, wenn man das Cholesterin in einen geschlossenen Quarzkolben bringt, den man möglichst vollständig von Luft befreit und mit Stickstoff gefüllt hat. Auch in einer Lösung in Petroläther oder Paraffin läßt sich Cholesterin durch Bestrahlung aktivieren. Ein so behandeltes Cholesterin wirkt nicht auf die photographische Platte, es ist aber haltbarer und im Tierversuch wirksamer als das an der Luft bestrahlte Material.

Es scheint mir aus diesen Versuchen hervorzugehen, daß der Sauerstoff oder das Ozon bei der Aktivierung des Cholesterins *keine Rolle* spielen.

Göttingen, den 2. September 1926. A. WINDAUS.

Über die Beziehung zwischen Atomgewicht, Lebensdauer und Umwandlungsart von Isotopen.

LISE MEITNER hat kürzlich in einer Zuschrift[1]) die obige Frage diskutiert und einer von mir vor längerer Zeit aufgestellten Regel eine neue gegenübergestellt. Da dabei der innige, zwischen den Regeln bestehende Zusammenhang nicht näher beleuchtet wurde, so soll das hier erfolgen.

Die ursprüngliche, rein empirische Formulierung der von mir aufgestellten Regel läßt sich in folgende 3 Teilregeln zerlegen, die sich alle auf isotope Glieder einer Plejade beziehen.

Mit fallendem Atomgewicht (A.G.) nimmt die Lebensdauer

1. von isotopen α-Strahlern[2]) ab;

[1]) Naturwissenschaften **14**, 719. 1926.

[2]) Durch die abgekürzte Bezeichnung α- und β-Strahler wird hier, wie stets früher, nicht die Strahlung, die ein Element aussendet, sondern, vom Standpunkte der Verschiebungssätze, die Art der Umwandlung, der

2. von isotopen β-Strahlern zu[1]);

3. Enthält eine Plejade beide Arten von Radioelementen, so besitzen die β-Strahler ein größeres A.G. als die α-Strahler und sind kurzlebiger als das nächste Glied der Plejade[2]).

Das Neue in der aus 3 Teilregeln bestehenden, von Frl. MEITNER formulierten Regel liegt darin, daß sie das *stabilste Glied* der Plejade, auch wenn es inaktiv ist, in den Vordergrund stellt. Sie besagt[3]):

I. Hat das stabilste Glied das höchste A.G. unter den Isotopen, so sind alle Glieder der Gruppe α-Strahler.

II. Hat es das kleinste A.G., so sind die übrigen Isotopen β-Strahler.

III. Hat es ein mittleres A.G., so sind die schwereren Isotopen β-Strahler, die leichteren und das stabilste Glied selbst α-Strahler.

Nun soll bewiesen werden, daß I—III eine notwendige Folgerung von 1—3 darstellt. Zunächst seien hier 3 Hilfssätze 1a—3a angeführt, die das zusammenfassen, was sich speziell in bezug auf das stabilste der Isotopen aus den Teilregeln 1—3 ohne weiteres ergibt.

1a folgt aus 1. Sind alle Glieder einer Plejade α-Strahler, so hat das stabilste das höchste A.G.

2a folgt aus 2. Sind alle Glieder β-Strahler, so hat das stabilste das niedrigste A.G.

3a folgt aus 3 und 1. Enthält eine Plejade α- neben β-Strahlern, so sind nach 3 die β-Strahler kurzlebiger als das nächste Glied, das natürlich ein α-Strahler ist. Somit ist das stabilste Glied ein α-Strahler. Ist dabei das stabilste Glied der einzige α-Strahler der Plejade, so hat es das kleinste A.G., sonst hat es ein mittleres A.G., und zwar sind seine schwereren Isotopen β-Strahler, die leichteren α-Strahler.

Der Inhalt der Sätze 1a—3a ist enger als der der Teilregeln 1—3, da jene nur über das A.G. des stabilsten Gliedes, während diese auch über den Zusammenhang zwischen A.G. und Lebensdauer der übrigen Isotopen Aufschluß geben.

Die Beziehung zwischen I—III einerseits und 1—3 bzw. 1a—3a andererseits ergibt sich nun aus folgendem.

I. Man ersieht sofort, daß I eine Umkehrung von 1a darstellt. Die Umkehrung eines Urteils ist aber nicht ohne weiteres zulässig, und man muß noch die Teilregeln 2 und 3 heranziehen, um zu beweisen, daß 1a mit seiner Umkehrung I inhaltlich identisch ist. In der Tat: weist das stabilste Glied das *höchste* A.G. auf, und ist es selbst ein α-Strahler[4]), so verbietet die Teilregel 3, daß seine Isotopen (mit kleinerem A.G.) β-Strahler sind. Andererseits kann aber das stabilste Glied mit höchstem A.G. nicht selbst ein β-Strahler sein, denn dann würde die Existenz von weiteren β-Strahlern der Teilregel 2, die Existenz von isotopen α-Strahlern der Teilregel 3a widersprechen. Somit bleibt nur die in I ausgesprochene Beziehung als notwendige Folge von 2 und 3 übrig.

II. Die Umkehrung von 2a ergibt, daß, falls das stabilste Glied das niedrigste A.G. hat, alle Glieder β-Strahler sein *können*. Doch ist das hier nicht die einzige Möglichkeit, denn 3a läßt zu, daß das stabilste Glied auch dann das niedrigste A.G. aufweist, wenn es den einzigen α-Strahler neben isotopen β-Strahlern darstellt. Doch kann das stabilste Glied von niedrigstem A.G. keine α-Strahler als Isotopen besitzen. Das ersieht man aus 1, wenn dieses stabilste Glied selbst ein α-Strahler ist, aus 3, wenn es ein β-Strahler ist. Somit ist auch II eine notwendige Folge von 1—3.

III. Hat das stabilste Glied ein mittleres A.G., so verbietet 1a bzw. 2a, daß alle Glieder lauter α-Strahler bzw. lauter β-Strahler sind. Somit muß die betreffende Plejade α- neben β-Strahlern aufweisen, wodurch III implizite in 3a enthalten ist.

Die obige Beweisführung bezieht sich natürlich nur auf diejenigen Fälle, in welchen 1—3 gilt. Nun ist die Frage von Interesse, inwieweit die neue Regel in denjenigen Fällen anwendbar ist, die Ausnahmen von der alten Regel aufweisen. Diese Ausnahmen bestehen darin, daß in 2 Plejaden von 5 bzw. 4 aktiven Gliedern für je eines (AcB bzw. AcX), in der Poloniumplejade von 7 Gliedern für zwei (RaF und AcC′) die durch die Teilregeln 2 bzw. 1 vorgesehene Beziehung zwischen Lebensdauer und A.G. versagt. Es ist leicht vorauszusehen und trifft auch zu, daß in dem Falle, wo die Abweichung das *langlebigste* Isotope (RaF) betrifft, auch die neue Regel in der betreffenden Plejade (Po) versagen *muß*, sonst kann sie unter Umständen gelten.

Auf Grund des obigen ist es nicht zu erwarten, daß man aus der neuen Regel weitere Folgerungen ableiten könnte, als aus der alten. In der Tat ist der von Frl. MEITNER aus dem Verhalten der Plejade des Protaktiniums auf Grund der neuen Regel gezogene Schluß, daß das A.G. des Pa kleiner sein muß als 234, somit das des Actiniums kleiner als 230 implizite in meinen diesbezüglichen Folgerungen enthalten. Es ergab sich bekanntlich, daß die meisten Glieder der Aktiniumreihe (das Pa eingeschlossen) sich am besten der Beziehung unterordnen, wenn man dem Ac das A.G. 227 zuschreibt[1]). Der Wert 226 entspricht schlechter der Regel, ist aber gerade noch zulässig.

---

es unterliegt, charakterisiert. In diesem Sinne ist das strahlenlose Ac ein β-Strahler, das α- und β-emittierende Ra ein reiner α-Strahler.

[1]) Le Radium **10**, 171. 1913.

[2]) Der zweite Teil von 3 ist bis jetzt nur in einer zusammenfassenden Darstellung in den Naturwissenschaften **2**, 463. 1914, mitgeteilt worden und findet sich, im Gegensatz zu den wichtigeren in 1, 2 und dem ersten Teil von 3 ausgedrückten Regelmäßigkeiten, in meinem Buch Radioaktivität usw., 4. Aufl., S. 100—101. 1922, nicht erwähnt. Man könnte diesen zweiten Teil von 3 auch so formulieren: „die β-Strahler sind kurzlebiger als der isotope α-Strahler mit dem nächstniedrigeren A.G." oder auch „der langlebigste β-Strahler ist kurzlebiger als der isotope langlebigste α-Strahler."

[3]) Die hier angeführten Teilregeln I. bis III. weichen von dem ursprünglichen Wortlaut der Zuschrift von Frl. MEITNER etwas ab. Frl. MEITNER hatte die große Freundlichkeit mir mitzuteilen, daß sie mit der obigen Formulierung ihrer Regel einverstanden ist.

[4]) Der Fall, daß das langlebigste Glied eine stabile inaktive Atomart ist, braucht nicht besonders diskutiert zu werden. Vom formalen Standpunkt aus ist man nämlich ohne weiteres berechtigt, die in Frage kommenden inaktiven Isotopen der Radioelemente als instabile Elemente von sehr großer Lebensdauer zu betrachten. Faßt man nun $Pb_{206-208}$ und Tl_{204} als „α-Strahler" auf und vergleicht sie mit ihren radioaktiven Isotopen, die sämtlich β-Strahler darstellen und ein höheres A.G. aufweisen, so ist auf die inaktiven Atomarten die Teilregel 3 anwendbar, betrachtet man jedoch die inaktiven Atomarten als „β-Strahler", so trifft auch für sie die Teilregel 2 zu. Wegen dem Bi_{209} vgl. weiter unten. — Bezüglich der Anwendung obiger Beziehungen auf die Isotopen nichtradioaktiver Elemente vgl. besonders S. A. SCHTSCHUKAREW, J. Russ. Phys. Chem. Ges. **55**, 447. 1924; Chem. Zentr. 1924 (II), S. 1877.

[1]) Vgl. z. B. Radioaktivität usw. 1. bis 4. Aufl. (1919—1922), und besonders die halbquantitativen Beziehungen in Sitzungsber. d. Heidelberg. Akad. d. Wiss.

Die obenerwähnten Ausnahmen von der ursprünglichen Regel veranlaßten R. SWINNE[1]), die Teilregel 1 etwas abzuändern. Es soll für α-Strahler bei fallendem A.G. die Lebensdauer entsprechend 1 zuerst fallen, dann aber nach Durchschreiten eines Minimums wieder steigen. Diese abgeänderte Teilregel 1 trägt in der Tat den Anomalien von AcC', RaF und AcX Rechnung, und es bleibt dann in den Plejaden, die nur reine α- und β-Strahler aufweisen, als einzige Ausnahme (von der Teilregel 2) das Verhalten des AcB übrig. Es sei nun gezeigt, daß diese Abänderung von 1 einen gewissen Vorteil auch für das Verständnis des Verhaltens des β-Strahlers RaE bietet, dem innerhalb der Wismutplejade eine Ausnahmestellung zukommt.

Diese Plejade enthält neben dem RaE die Verzweigungsglieder C der 3 Reihen. Was zunächst diese Radioelemente anbelangt, so stellen sie zugleich α- und β-Strahler dar, und es ist auf sie daher die Beziehung in keiner der oben benutzten Formulierungen anwendbar. Wohl deshalb ist in der Zuschrift gesagt, daß die C-Glieder für die alte Regel eine gewisse Schwierigkeit bilden. Doch konnte diese Schwierigkeit bereits kurz[2]) nach Aufstellung der Regel folgendermaßen beseitigt werden.

Offenbar bilden die Teilregeln 1 und 2 den Ausdruck dafür, daß bei Isotopen mit fallendem Atomgewicht die Tendenz zur α-Umwandlung zunimmt, die zur β-Umwandlung abnimmt. Diese vertiefte Formulierung hat nicht nur den Vorteil, daß aus ihr, wie leicht einzusehen ist, sich der erste (nicht aber der zweite) Teil von 3 zwangsläufig ergibt, sondern daß sie auch auf die C-Glieder anwendbar ist. Nur muß man bei diesen Radioelementen die Tendenzen zur α- und β-Umwandlung, wie sie sich ja aus den Umwandlungskonstanten der C-Glieder und den Verzweigungsverhältnissen ohne weiteres ergeben, getrennt vergleichen. Es sei hier die betreffende Tabelle der zitierten Arbeit, durch neuere Zahlenwerte[3]) etwas verändert und ergänzt angeführt.

	Halbwertszeit[4])	At. G.	Halbwertszeit[4])	
(Bi_α)	sehr groß ↑	209	↑ sehr groß	(Bi_β)
(RaE_α)	groß	210	5 Tage	RaE_β
AcC_α	2,15 Min.	211 oder 210	11 St.	AcC_β
ThC_α	2,87 St.	212	1,55 St.	ThC_β
RaC_α	39 Tage ↓	214	19,5 Min.	RaC_β

Wie ersichtlich, nimmt bei den C-Gliedern mit fallendem A.G., ganz entsprechend dem Sinn von 1 und 2, die Tendenz zur α-Umwandlung zu, die zur β-Umwandlung ab. Was nun die übrigen 2 Isotopen, den β-Strahler RaE und das stabile gewöhnliche Wismut anbelangt, so folgen sie in bezug auf die β-Tendenz auch der Teilregel 2. In bezug auf die α-Umwandlung tritt aber beim AcC ein Minimum der Stabilität auf, ähnlich wie in der Ra-Plejade bei ThX, in der Po-Plejade bei AcC'. Die von Frl. MEITNER vorgeschlagene Regel gilt aber für die C-Glieder nicht, denn da das stabilste Glied (Bi) das kleinste A.G. hat, müßten nach II alle übrigen Isotopen β-Strahler sein, während in Wirklichkeit die C-Glieder auch α-Umwandlungen unterliegen. Der Grund liegt natürlich darin, daß 1—3 auf die C-Glieder nicht direkt, sondern nur in der eben erläuterten Weise anwendbar ist[1]).

Unsere Kenntnisse der Beziehung zwischen A.G., Umwandlungsart und Umwandlungstendenz bzw. Lebensdauer der Isotopen lassen sich also folgendermaßen zusammenfassen. Mit fallendem A.G. der Isotopen nimmt die Tendenz zur β-Umwandlung ab, die zur α-Umwandlung nimmt im allgemeinen zu (FAJANS), erreicht aber (SWINNE) in 3 Plejaden (Ra, Po, Bi) ein Maximum, um bei weiterem Fallen des A.G. wieder zu fallen. Von 38 Radioelementen weicht nur das AcB von dieser Gesetzmäßigkeit sicher ab[2]). Abgesehen von den C-Gliedern gilt diese Gesetzmäßigkeit, allerdings mit 4 Ausnahmen (AcX, AcC', AcB, RaF), auch in der eingangs als Teilregeln 1—3 angeführten Form (FAJANS). Ein Teil der Zusammenhänge, die von 1—3 erfaßt werden, läßt sich auch zu einer von L. MEITNER formulierten Regel (I—III) zusammenfassen, die einen Zusammenhang zwischen dem A.G. des langlebigsten Gliedes einer Plejade und der Umwandlungsart der Isotopen herstellt. Für 9 Radioelemente (6 Isotope des RaF und 3 C-Glieder) der Po- und Bi-Plejade, deren Glieder sich zwar der allgemeineren Fassung der Beziehung, nicht aber den Teilregeln 1—3 ausnahmslos fügen, ist die neue Regel nicht gültig.

München, den 21. September 1926. K. FAJANS.

Mathem.-naturw. Kl. A **11**. 1914. Ähnliche und auch andere Beziehungen sind neuerdings von A. S. RUSSELL, Philosoph. Mag. **46**, 642. 1923, diskutiert worden, der erneut für den Wert 227 plädiert.

[1]) Zeitschr. f. angew. Chem. **27** (III), 596. 1914.

[2]) K. FAJANS, Phys. Zeitschr. **14**, 951. 1913; Vgl. auch Phys. Zeitschr. **16**, 471. 1915.

[3]) Vgl. die Tabellen von ST. MEYER in GEIGER-SCHEEL, Handbuch der Physik Bd. XXII, S. 274ff. (1926). Für das Verzweigungsverhältnis der Radiumreihe wurde der Wert 35/100 000 angenommen.

[4]) Unter Halbwertszeit ist hier diejenige verstanden, die den betreffenden Elementen eigen wäre, wenn sie nur der einen oder nur der anderen Art der Umwandlung unterliegen würden.

[1]) Frl. MEITNER sieht den Grund für das Versagen ihrer Regel bei den C-Gliedern in dem Auftreten der Verzweigung, namentlich in der Zerfallsfolge $\beta\beta\alpha$.

[2]) Stellt das UY, wie meistens angenommen wird, aber noch nicht als direkt bewiesen gelten kann, das Bindeglied zwischen U_{II} und Pa vom A.G. 231 oder 230 dar, so weicht es sowohl von der Teilregel 3 (vgl. Radioaktivität usw. 4. Aufl. 1922, S. 101) als auch von III ab. Aus diesen und auch aus anderen Gründen schreibt RUSSELL (l. c.) dem UY das A.G. 235 zu, indem er das UY und durch mehrere hypothetische Zwischenprodukte auch das Pa und Ac von einem Uranisotopen mit dem A.G. 239 ableitet. Direkte experimentelle Stützen fehlen. O. HAHN (Zeitschr. f. anorg. Chem. **147**, 16. 1925) hat gegen das RUSSELLsche Schema einige Gegenargumente vorgebracht, hält es aber nicht für endgültig widerlegt. (Vgl. auch S. IIMORI und J. YOSHIMURA, Scient. pap. inst. phys. chem. res. Tokyo **5**, 11. 1926.) — Unter der Voraussetzung, daß das UrY das Bindeglied zwischen einem der Glieder der U-Ra-Reihe und dem Pa ist, hat B. WALTER kürzlich (Naturwissenschaften S. 794) geschlossen, daß als Abzweigungsstelle der Ac-Reihe das Uran I und Uran II mit gleicher Wahrscheinlichkeit angenommen werden können. Herr WALTER stützt sich dabei nur auf die neue Regel von Frl. MEITNER, nach der das Verhalten des Pa für U_{II} als Abzweigungsstelle, das des UY für U_I spricht. Auf Grund der allgemeineren Gesetzmäßigkeit muß aber, wie schon oft hervorgehoben wurde, dem U_{II} entschieden der Vorzug gegeben werden, denn sonst würden 8 Glieder der Pa-Ac-Reihe von der Gesetzmäßigkeit abweichen. Einer freundlichen Mitteilung zufolge, ist Frl. MEITNER mit dieser Stellungsnahme zu der Zuschrift von Herrn WALTER ganz einverstanden.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über die spektroskopische Bestimmung der Dissoziationsarbeit des Wasserstoffmoleküls. So wie wir aus den Linienspektren der einatomigen Gase und Dämpfe in ihrer Deutung auf Grund der BOHRschen Theorie außer anderen wichtigen Größen die Ionisationsarbeit eines Atomes bestimmen können, so sollte man erwarten, daß sich aus den Bandenspektren der Moleküle auch eine so bedeutsame Konstante wie die Dissoziationsarbeit des Moleküls entnehmen lassen müßte. Tatsächlich ist es nun allerdings erst in neuester Zeit gelungen, den Weg zu finden, der zu diesem Ziele führt. Der Gedanke, der dieser Bestimmung zugrunde liegt und der wohl zuerst in einer Arbeit von DYMOND (Zeitschr. f. Phys. **34**, 553. 1925, vgl. hierzu auch J. FRANCK, Trans. Far. Soc. **21**. 1925) ausgesprochen wurde, ist im klassischen Bilde dargestellt folgender: Wenn wir in einem Molekül die Atome gegeneinander in Schwingung versetzen, so wird mit wachsender Amplitude der Schwingung die Bindung der Atome in den Zuständen größter Elongation lockerer und lockerer und bei einer bestimmten Amplitude (einer bestimmten Schwingungsenergie entsprechend), wird die Bindung gleich Null, d. h. die Atome werden auseinandergehen, das Molekül ist dissoziiert. Die maximale Schwingungsenergie, die man in ein im Normalzustande befindliches Molekül hineinstecken kann, ist also gleich der Dissoziationsarbeit. Nach der Quantentheorie ist nun die Schwingungsenergie, die wir dem Molekül zuführen können, nicht kontinuierlich, sondern quantenhaft verteilt, aber da wir gerade aus den Bandenspektren die Energie der Schwingungsquanten entnehmen können, die ein Molekül besitzt, so liegt hier der Weg zur spektroskopischen Bestimmung der Dissoziationsarbeit. Für das H_2-Molekül ist diese nun in einer interessanten Arbeit von E. WITMER (Proc. of the nat. acad. of sciences (U. S. A.) **12**, 238. 1926) durchgeführt worden. TH. LYMAN hatte gefunden, daß Entladungen durch ein Gemisch von Argon mit Spuren von Wasserstoff im Schumannultraviolett zwischen $\lambda = 1050$ und 1650 ÅE ein Spektrum ergeben, in dem sich dem H_2-Molekül zuzuschreibende Liniengruppen mit gesetzmäßiger Lagerung der Einzellinien in regelmäßigen Abständen wiederholen, wobei die Intensität nach den langen Wellen zu mehr und mehr abnimmt. Die Struktur dieser Liniengruppen erinnert sofort an die aus anderen Spektren bekannten Banden und führt WITMER zu folgender Deutung dieses Spektrums, die wir an Hand der Figur 1 erläutern. Das unterste Niveau der Figur entspreche dem schwingungslosen Normalzustand des Moleküls, in dem beide Elektronen in einquantigen Bahnen sind. Durch die Anregung in der Entladung wird eines der Elektronen in eine zweiquantige Bahn gehoben, wodurch das Molekül in einen angeregten Zustand kommt, der 11,6 Volt über dem Normalzustand liegt. Daß dieser Zustand bevorzugt angeregt wird, liegt daran, daß seine Anregungsenergie zufällig mit der kleinsten Anregungsenergie des Argonatomes zusammenfällt. Kehrt das Molekül aus diesem Anregungszustand in den Normalzustand zurück, so wird die kurzwelligste Linie der LYMANschen Bande emittiert. Bei Berücksichtigung der Rotation des Moleküls in Anfangs- und Endzustand erklären sich die Einzellinien der kurzwelligsten Liniengruppe. In Anfangs- und Endzustand besitzt das Molekül in diesem Falle keine Schwingungsenergie. Es ist aber der Fall möglich, daß bei dem Rücksprung des Elektrons im Endzustand Schwingungsenergie des Moleküls erhalten bleibt, und je nachdem ob 1, 2, 3, 4 usw. Schwingungsquanten im Endzustand vorhanden sind, ergeben sich Übergänge, die durch die in Fig. 1 eingezeichneten senkrechten Linien mit Pfeil am unteren Ende charakterisiert sind. Diesen Übergängen entsprechen Spektrallinien, die mit wachsender Zahl der Schwingungsquanten im Endzustand der Emission nach längeren Wellen rücken, und so sind gerade nach WITMER die von LYMAN gefundenen Linien zu deuten. Aus der genauen Vermessung der Wellenlängen der Linien kann man nun die genaue Lage der über dem Normalzustand liegenden Niveaus ermitteln und dabei ergibt sich, daß die Abstände übereinanderliegender Niveaus mit wachsender Schwingungsquantenzahl n gesetzmäßig abnehmen. Der Abstand zweier übereinanderliegender Niveaus ist aber nun gleich $h\omega$, wo ω die Schwingungsfrequenz des Moleküls in dem betreffenden Zustande ist. ω nimmt also mit wachsendem n ab; je langsamer die Schwingungsfrequenz ist, um so geringer ist aber auch die Bindung des Moleküls und wenn die erstere gleich Null geworden ist, so ist die Bindung unendlich locker geworden, d. h. das Molekül ist in diesem Zustand dissoziiert. Aus der gesetzmäßigen Abnahme der Abstände übereinander liegender Energieniveaus läßt sich nun die Konvergenzstelle bestimmen, die in Fig. 1 durch das gestrichelte Niveau angedeutet ist[1]). Der Abstand dieses Niveaus vom Grundniveau ist

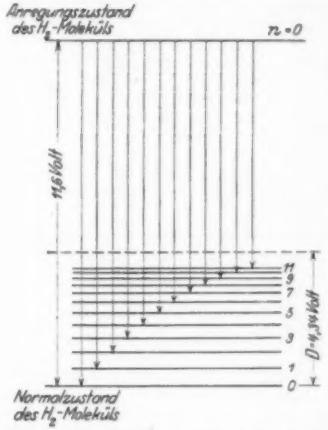


Fig. 1. Energiediagramm zur Deutung der LYMAN-WITMERschen Bandengruppe. n ist die Zahl der Schwingungsquanten. Mit wachsendem n nehmen die Abstände übereinanderliegender Niveaus ab. Das gestrichelte Niveau entspricht der Konvergenzstelle und der Abstand desselben vom Grundniveau der Dissoziationsarbeit.

dann ein Maß für die Dissoziationsarbeit. WITMER hat so aus den LYMANschen Banden die Dissoziationsarbeit D des H_2-Moleküls berechnet und kommt dabei zu folgendem Wert

$$4{,}10 \text{ Volt} < D < 4{,}50 \text{ Volt}$$

oder in Calorien

$$94\,600 \text{ cal.} < D < 103\,800 \text{ cal.}$$

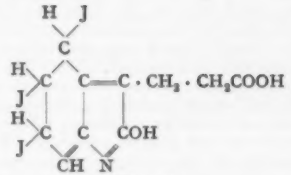
Daß sich D nicht genauer bestimmen läßt, liegt daran, daß das gestrichelte Niveau der Fig. 1 nur durch eine

[1]) Auf diese Figur bezieht sich der Hinweis auf S. 888, Spalte 2, Zeile 4 und folg.

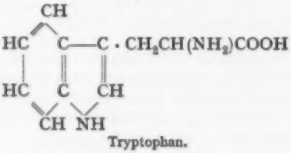
Extrapolation der Bandengesetzmäßigkeit über die Beobachtungen hinaus zu gewinnen ist. Als wahrscheinlichsten Wert gibt WITMER $D = 4{,}34$ Volt, $= 100\,100$ cal. an. Dieser Wert ist nun in guter Übereinstimmung mit dem auf thermochemischem Wege von JSNARDI gemessenen und von WOHL korrigierten Werte $96\,765 < D < 102\,257$ cal.

Auf weitere Schlußfolgerungen, die WITMER in seiner Arbeit zieht, wollen wir hier nicht eingehen, möchten aber nicht unerwähnt lassen, daß das hier geschilderte Verfahren zur spektroskopischen Bestimmung der Dissoziationsarbeit eines Moleküls aus den Bandenspektren in etwas modifizierter Form auch bei anderen Molekülen (Halogene, siehe H. KUHN, diese Zeitschrift **14**, 600. 1926; N_2, O_2, CO, NO siehe H. SPONER und T. BIRGE, Phys. rev. **27**, 640 und 641. 1926) zu überraschenden Erfolgen geführt hat. W. GROTRIAN.

Nachdem E. BAUMANN 1895 das Vorkommen von **Jod in der Schilddrüse** nachgewiesen hatte, hat es bekanntlich lange gedauert, bis es gelang, über die Art des Vorkommens etwas Genaueres zu erfahren, denn daß es sich bei dem von BAUMANN selbst noch dargestelltem Thyreojodin um ein Spaltprodukt handelte, war relativ frühzeitig erkannt. Wenige Jahre freilich nach der Baumannschen Entdeckung hat FR. HOFMEISTER in Straßburg die von ihm studierte Fraktionierung der Eiweißkörper durch Aussalzung mit Ammonsulfat auch auf die Eiweißkörper der Schilddrüse durch seinen Schüler A. OSWALD anwenden lassen, wobei das Thyreoglobulin isoliert wurde, ein Eiweißkörper, der jodhaltig ist und im Versuch alle physiologischen Wirkungen zeigte, die der Schilddrüse zukommen. Aber der eigentliche Elementarkomplex, an dem das Jod in der Schilddrüse haftet, war lange Zeit unbekannt, bis es endlich im Jahre 1919 E. C. KENDALL gelang, einen krystallisierten Stoff darzustellen, von ihm ***Thyroxin*** genannt, der die Zusammensetzung $C_{11}H_{10}O_3NJ_3$ hat, also 65% Jod enthält, und dem er die folgende Formel gab.



Thyroxin

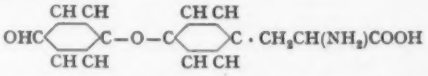


Tryptophan.

Leider sprechen gewichtige chemische Gründe gegen die Annahme einer solchen Formel, und so mußte es sehr zweifelhaft erscheinen, ob das Thyroxin wirklich, wie aus dieser Formel hervorzugehen scheint, ein Derivat des Tryptophans ist oder nicht. Es muß bemerkt werden, daß die meisten in der Natur vorkommenden jodhaltigen Körper nicht Tryptophanabkömmlinge, sondern Tyrosinabkömmlinge sind.

Ganz neuerdings ist es nun CH. R. HARINGTON (Biochem. Journ. **20**, 293. 1926) gelungen, zunächst eine Methode auszuarbeiten, mit der das Thyroxin in erheblich größerer Menge, nämlich zu ungefähr 0,12% der trockenen Drüse, isoliert werden kann. Die empirische Zusammensetzung dieses Tyroxins ist aber eine andere, als KENDALL annahm, bzw. durch dessen Darstellung ist der Körper wohl etwas verändert worden, das reine Thyroxin hat vielmehr die Formel $C_{15}H_{11}O_4NJ_4$.

Aus diesem Stoff gelang es nun C. R. HARINGTON, alles Jod abzuspalten bzw. durch vollkommene Reduktion zu einem Desjodothyroxin zu gelangen, $C_{15}H_{15}O_4N$ und dessen Konstitution vollkommen durch die Synthese klarzulegen als 4-(4′-Oxyphenyl-)Tyrosin der folgenden Formel:



Damit ist die Konstitution des Thyroxins bis auf die Stellung der Jodatome vollkommen aufgeklärt und der physiologisch wichtige Nachweis geliefert, daß das Thyroxin ein Derivat des Tyrosins ist. Bei der außerordentlich großen Wirksamkeit, die dem Thyroxin bekanntlich zukommt, ist die neue Isolierungsmethode von HARINGTON auch für die Pharmakologie von wesentlicher Bedeutung. S.

Astronomische Mitteilungen.

Das System der Spiralnebel. Die Stellarstatistik verwendet als empirische Grundlagen die scheinbaren Helligkeiten und die Entfernungen der Sterne. Durch die Verbindung dieser Daten gelangt sie zur Kenntnis der absoluten Helligkeiten (Leuchtkräfte) der Sterne. Sobald das Gesetz festgestellt ist, dem das Vorkommen der verschiedenen Grade der Leuchtkraft unterliegt, ergibt sich aus der Verbindung dieses Gesetzes mit der Zählung der Sterne der einzelnen Stufen der scheinbaren Helligkeit die Verteilung der Sterne im Raume. Auf diese Weise sind die Vorstellungen von dem abgeschlossenen Sternsystem gewonnen worden, das wir das galaktische (Milchstraßen-)System nennen.

Unter den Nebeln des Himmels gibt es eine Reihe ausgedehnter Objekte, die in der Nähe der Milchstraße stehen und zweifellos zu unserem Sternsystem gehören. Anders steht es mit den nichtgalaktischen Nebeln, die zumeist klein sind und nach dem Beispiel der größeren ihrer Art als Spiralnebel angesehen werden. Ihre kosmische Stellung ist nicht so klar zu übersehen, und man kann versuchen, ihr System auf ähnliche Weise zu erforschen wie das Sternsystem. C. WIRTZ[1]) macht einen solchen Versuch. Es bereitet Schwierigkeiten, daß die Totalhelligkeit der Nebel bisher kaum zu messen war (ihre Messung ist jetzt durch die elektrischen Mikrophotometer möglich geworden), und daß über die Entfernungen nichts bekannt war. WIRTZ berechnet die Totalhelligkeiten aus den geschätzten Flächenhelligkeiten und der Ausdehnung der Nebel. Die Entfernungen werden aus den drei von HUBBLE bestimmten Spiralnebelentfernungen abgeleitet mit Hilfe der natürlich rohen Hypothese, daß alle diese Nebel gleichen linearen Durchmesser haben. Als Material dienen 993 Nebel, die FATH auf Reflektoraufnahmen der von KAPTEYN ausgewählten Himmelsareale untersucht hat. Die scheinbaren Totalhelligkeiten liegen zwischen 10,7 und 20,1 (in Größenklassen; die beiden hellsten Spiralen mit den Helligkeiten 4,0 und 8,5 liegen isoliert und sind

[1]) Totalhelligkeit und Leuchtkraftkurve der nichtgalaktischen Nebel, ein Versuch. Astronomische Nachrichten **228**, 41. 1926.

weggelassen worden), und die Zahl der Nebel der einzelnen Helligkeitsstufen läßt sich in derselben Weise wie bei den Sternen durch eine quadratische Formel (für den Logarithmus) darstellen. Da die Areale gleichmäßig über den ganzen Himmel verteilt sind, kann man abschätzen, eine wie große Zahl von Nebeln am ganzen Himmel mit den vorhandenen Mitteln zu erwarten ist. WIRTZ kommt auf die Zahl 325 000, die mit der von SEARES abgeleiteten (300 000) gut übereinstimmt. Für die absoluten Helligkeiten benutzt WIRTZ die Normalentfernung 10^6 Sternweiten (gegenüber 1 oder 10 Sternweiten, die für Sterndistanzen üblich sind; 1 Sternweite rund $= 3{,}25 \cdot 10^{12}$ km). Als mittlere Leuchtkraft der Spiralnebel (als mittlere Helligkeit in der Normalentfernung) ergibt sich 6,1. Das Vorkommen der verschiedenen Werte der Leuchtkraft läßt sich nahezu durch eine normale Gausssche Fehlerkurve darstellen:

Klassenmitte m_v	Zahl der Nebel Beob.	Rechn.	B−R
3.7	17	3	+ 14
4.2	15	12	+ 3
4.7	38	44	− 6
5.2	96	109	− 13
5.7	105	190	− 85
6.2	320	233	+ 87
6.7	228	204	+ 24
7.2	117	125	− 8
7.7	43	54	− 11
8.2	11	17	− 6
8.7	5	4	+ 1

Eine gesonderte Bestimmung für verschiedene Zonen (verschiedene galaktische Breiten) des Himmels ergibt die gleiche Form der Kurve für den ganzen Himmel. Wenn man für unser Milchstraßensystem die errechnete Flächenhelligkeit und Ausdehnung benutzt, erhält man als Helligkeit in 10^6 Sternweiten Entfernung die Werte 6,5 bei Aufsicht und 6,3 bei Kantensicht, also Werte, die nahe bei dem Mittelwert der Leuchtkräfte der Spiralnebel liegen. Es ist dadurch wahrscheinlich gemacht, daß die Spiralnebel von ähnlicher Größe und Konstitution sind wie das Milchstraßensystem. Nach WIRTZ' Ansicht deutet manches darauf hin, daß die Spiralnebel ein abgeschlossenes System höherer Ordnung sind, und daß unsere Aufnahmen schon an die äußere Grenze dieses Systems heranreichen. Daß die Spiralnebel nicht zum galaktischen System gehören, lehrt auch ein Vergleich der Nebelzahlen mit den Sternzahlen, die für die benutzten Areale ebenfalls vorliegen. Es stellt sich heraus, daß kein Zusammenhang zwischen dem Gang dieser Zahlen besteht, daß also die nichtgalaktischen Nebel auch räumlich als außergalaktisch anzusehen sind.

Marsatmosphäre. Durch die Marsaufnahmen, die WRIGHT[1]) 1924 erhalten hat, sind 3 Erscheinungen zur Diskussion gestellt worden: Die violetten Bilder sind etwas größer als die roten. Die violetten Bilder sind gleichmäßig hell, während auf den roten die Helligkeit nach dem Rande hin abnimmt. Die roten Bilder zeigen die Kontraste der Oberfläche, die bei der Beobachtung mit dem Auge gesehen werden, während solche Unterschiede der Helligkeit auf den violetten Bildern fast ganz fehlen. Noch nicht veröffentlichte Aufnahmen von KASANSKY in Moskau führen zu ähnlichen Ergebnissen. WRIGHT machte den Versuch, diese Erscheinungen durch die Annahme einer Atmosphäre zu erklären. In einer theoretischen Arbeit untersucht jetzt FESSENKOFF[1]), was durch eine Atmosphäre erklärt werden kann. Es stellt sich zunächst heraus, daß bei zulässigen Annahmen über die Dichte der Atmosphäre und den Absorptionskoeffizienten für violette Strahlung eine optische Vergrößerung der Planetenscheibe zustande kommt. Doch läßt sich bei den günstigsten Annahmen nur $^1/_3$ des durch die WRIGHTschen Beobachtungen gegebenen Unterschiedes zwischen violetten und roten Bildern errechnen. Aus der gleichmäßigen Helligkeit der Planetenscheibe können nach FESSENKOFFS Untersuchung keine bestimmten Schlüsse auf Eigenschaften der Marsatmosphäre gezogen werden, da sie unter mehreren ganz verschiedenen Bedingungen zustande kommen kann. Die dritte Erscheinung, das Fehlen der Kontraste auf den violetten Bildern, erweist sich dagegen als aufschlußreich. Aus den geometrischen Verhältnissen der Marsbahn und der bekannten Strahlung der Sonne läßt sich die scheinbare Helligkeit des Mars (in einer bestimmten Stellung) berechnen. FESSENKOFF gibt in einer Tabelle die Werte, die sich bei den verschiedenen Annahmen über den Durchlässigkeitskoeffizienten p und die Albedo B (Reflexionsvermögen der Oberfläche) ergeben.

B / p	$\omega = 1$					$\omega = 0.5$				
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
0.0	− 1.88	− 1.88	− 1.88	− 1.88	− 1.88	− 1.13	− 1.13	− 1.13	− 1.13	− 1.13
0.3	− 1.84	− 1.86	− 1.88	− 1.90	− 1.92	− 1.09	− 1.13	− 1.17	− 1.20	− 1.24
0.5	− 1.73	− 1.81	− 1.88	− 1.95	− 2.01	− 0.98	− 1.13	− 1.26	− 1.38	− 1.49
0.7	− 1.45	− 1.69	− 1.88	− 2.04	− 2.18	− 0.70	− 1.13	− 1.43	− 1.67	− 1.86
0.9	− 0.71	− 1.45	− 1.88	− 2.19	− 2.43	+ 0.04	− 1.13	− 1.68	− 2.04	− 2.31
1.0		− 1.13	− 1.88	− 2.32	− 2.63		− 1.13	− 1.88	− 2.32	− 2.63

Berechnete Werte der scheinbaren Helligkeit für verschiedene Werte der Albedo B, des Absorptionskoeffizienten p und der Streuung ω.

Die beobachtete scheinbare Helligkeit des Mars beträgt − 1.85 (in Größenklassen) für sichtbares Licht und − 1.25 für photographische Strahlung. Aus der Tafel ist zu entnehmen, daß bei der Annahme vollständiger Zerstreuung ($\omega = 1$) nur der Durchlässigkeitskoeffizient $p = 1.0$ in Frage kommt. Das bedeutet vollständige Durchlässigkeit der Atmosphäre für jede Strahlung, und die Vergrößerung der Planetenscheibe kann nicht erklärt werden. Nimmt man jedoch eine teilweise Absorption der Strahlung (durch Staubteilchen) an, so ist es möglich, wie das Beispiel $\omega = 0.5$ zeigt, für p kleine Werte bei violetter und große bei roter Strahlung anzunehmen. Damit läßt sich das Verschwinden der Kontraste im violetten Lichte erklären (Zeile $p = 0.3$) und ihr Vorhandensein im roten Lichte (Zeile $p = 0.9$). Mit so kleinen Werten von p ergibt sich auch die Vergrößerung der Marsscheibe. FESSENKOFF neigt deshalb zu der Ansicht, daß die WRIGHTschen Beobachtungen am besten durch eine den Planeten umgebende Staubatmosphäre erklärt werden könnten. Wie die Staubteilchen zu genügend großen Höhen (mit sehr geringer Dichte der Atmosphäre) emporgetragen werden, bleibt eine offene Frage. KR.

[1]) Naturwissenschaften **14**, 16. 1926 und **14**, 119. 1926.

[1]) On the atmosphere of Mars; photometrical analysis of WRIGHT's phenomen. Astronomische Nachrichten **228**, 57. 1926.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.